



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC TECHNOLOGY

PROTOTYPOVÉ A MALOSÉRIOVÉ ČIŠTĚNÍ DPS

PCB S CLEANING FROM PROTOTYPES TO LOW SERIES PRODUCTION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Miloš Švéda

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jiří Starý, Ph.D.

BRNO 2017

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Mikroelektronika a technologie**

Ústav elektrotechnologie

Student: Miloš Švéda

ID: 151928

Ročník: 3

Akademický rok: 2016/17

NÁZEV TÉMATU:

Prototypové a malosériové čištění DPS

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Prostudujte odbornou literaturu z problematiky čištění DPS, chemie i zařízení pro malosériové produkce výroby. Navrhněte jednoduchou ostřikovou myčku DPS s recirkulací čisticího média přes filtry pomocí čerpadla. Navrhněte použití ekologické čisticí kapaliny na vodní nebo polovodní bázi.

Provedte konstrukci navrženého zařízení a ověřte funkčnost. Oplachy po čištění realizujte v deionizované vodě v externích zásobnících. Finální oplach deionizovaná voda/IPA.

Sledujte vzhled tavidlových reziduí i kontaminaci ionizovatelných nečistot na DPS při různých nastaveních a konfiguracích.

Zpracujte, vyhodnoťte a diskutujte dosažené výsledky. Doporučte vhodné technologické řešení.

Konstrukce a odzkoušení zařízení realizujte ve spolupráci s firmou SMTplus.Cz.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle doporučení vedoucího práce.

Termín zadání: 6.2.2017

Termín odevzdání: 8.6.2017

Vedoucí práce: Ing. Jiří Starý, Ph.D.

Konzultant:

doc. Ing. Jiří Háze, Ph.D.
předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukcí myčky pro prototypové a malosériové čištění DPS. Popisuje metody čištění DPS, zejména s problematikou čištění tavidlových zbytků. Stručně popisuje testovací metody pro měření kontaminace. Zabývá se výběrem jednotlivých komponentů pro konstrukci myčky DPS a testováním čistících účinků kompatibilní chemie pro čištění tavidlových zbytků.

KLÍČOVÁ SLOVA

DPS, čištění DPS, ionizovatelné nečistoty, tavidlové zbytky, testovací metody

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the construction of the cleaning unit for prototype and low series production PCB cleaning. It describes the methods used for PCB cleaning, mainly for removing flux residues. It briefly describes the test methods for measuring contamination. It deals with the selection of individual components for cleaning equipment construction and compatible chemistry for flux residues cleaning.

KEYWORDS

PCB, PCB cleaning, ionic impurities, flux residues, test methods

ŠVÉDA, M. *Prototypové a malosériové čištění DPS*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav elektrotechnologie, 2017. 56 s. Bakalářská práce. Vedoucí práce: Ing. Jiří Starý, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Prototypové a malosériové čištění DPS jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne 7. června 2017

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Jiřímu Starému, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce. Rád bych poděkoval firmě SMTplus.CZ za poskytnutí prostor k sestavení a odzkoušení sestavy. V poslední řadě bych rád poděkoval své rodině za podporu při studiu.

V Brně dne 7. června 2017

.....

(podpis autora)

OBSAH

Úvod	8
1 Důvody čištění desek plošných spojů	9
1.1 Problematika čištění.....	9
1.2 Proč čistit?.....	10
1.3 Základní typy nečistot.....	10
1.4 Způsoby odstraňování nečistot	11
1.4.1 Manuální čištění.....	11
1.4.2 Strojové čištění	11
1.5 Problematika čisticích prostředků.....	13
1.5.1 Rozpouštědla na organické bázi	13
1.5.2 Emulzní rozpouštědla	15
1.5.3 Rozpouštědla na vodní bázi	15
2 Kontrola znečištění DPS	17
2.1 Iontová čistota.....	17
2.2 Přímé metody měření.....	17
2.2.1 Metoda ROSE (Resistivity Of Solvent Extract)	17
2.2.2 Ionograf.....	17
2.2.3 Omegametr.....	18
2.3 Nepřímé metody měření	19
2.3.1 Vizuální metody.....	19
2.3.2 Korozivita tavidla	20
2.3.3 SIR (Surface Insulation Resistance), povrchový izolační odpor	20
2.3.4 Test elektromigrace.....	20
2.3.5 Testování povrchového odporu	20
2.3.6 Testy pájitelnosti.....	20
2.3.7 Testy kontaktovatelnosti	20
3 Průmyslově vyráběné myčky	21
3.1 Myčka desek plošných spojů	21
4 Návrh vlastní myčky DPS pro malosériovou výrobu	23
4.1 Pračka.....	23
4.2 Ofuk DPS stlačeným vzduchem	23

4.3	Oplachovací nádrže a nádrž na finální oplach	24
4.4	Volba čerpadla	26
4.5	Výběr vlastní myčky	26
4.6	Volba čisticí kapaliny	26
4.7	Filtrace	27
5	Sestrojení vlastní myčky DPS	28
5.1	Montáž a sestavení	28
5.2	Otestování funkčnosti sestavy	29
5.3	Přidání vypouštěcího ventilu před domácí vodárnu	29
5.4	Testování zvolených čisticích kapalin	30
5.4.1	Test DECOTRONU	30
5.4.2	Test PROTONU	31
5.5	Konstrukce držáku DPS do pračky	33
5.5.1	Držák pro malé DPS	33
5.5.2	Držák pro velké DPS	35
6	Test vlastní myčky DPS pro malosériovou výrobu	36
6.1	Testování PROTONU v pračce	36
6.2	Testy iontoměníčů	36
6.2.1	První test účinnosti iontoměníčů	36
6.2.2	Zvětšení čisticí kapacity iontoměníčů	37
6.2.3	Druhý test účinnosti iontoměníčů	38
7	Čištění produkčních DPS	40
7.1	První čištění DPS a měření ionizovatelných nečistot	40
7.2	Druhé čištění DPS a měření ionizovatelných nečistot	42
7.3	Porovnání vzhledu DPS před i po čištění	45
8	Technologický postup	47
9	Závěr	50
	Literatura	52
	Seznam zkratk	53
	Seznam obrázků	54
	Seznam tabulek	56

ÚVOD

V současné době narůstá požadavek, jak na zvětšování zástavbové hustoty součástek na DPS, tak i zmenšování rozměrů samotných desek. Aby bylo docíleno bezporuchového chodu celého systému i v nejnáročnějších aplikacích, jako je například: automobilový průmysl, vojenský průmysl a ve zdravotnictví, je zapotřebí čistit DPS. Z tohoto důvodu jsou kladeny vysoké požadavky na čistotu DPS a na odstranění zbytků materiálů a tavidel po předchozích výrobních procesech. Tímto docílíme větší spolehlivost i delší životnost samostatného systému. Díky čištění dojde i ke zmenšení finančních ztrát výrobců DPS. Tyto ztráty se zmenší z důvodu úbytku množství reklamací na vyrobené DPS, které mohly být způsobeny nečistotami na DPS.

1 DŮVODY ČIŠTĚNÍ DESEK PLOŠNÝCH SPOJŮ

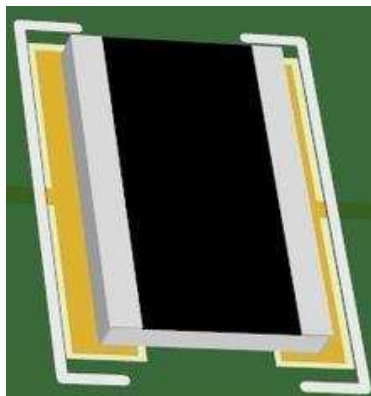
1.1 Problematika čištění

O možnosti čištění by se již měl zajímat vývojář, který danou DPS navrhuje. Měl by zvážit aspekty při návrhu DPS, především tyto:

- Jaký typ velikosti pouzder součástek bude při dané sestavě využívat
- Jakým typem povrchové úpravy je daná DPS opatřena
- Jak se bude nanášet pájecí pasta pro SMD součástky
- V jakém prostředí bude DPS pracovat, teplota, změny teplot, vlhkost
- Jestli bude aplikován konformní povlak
- Jaká bude integrita součástek na DPS

Nyní budou popsány jednotlivé aspekty, které je potřeba při návrhu DPS brát v patrnosti a jaký mají dopad na samotné čištění.

Volba typu pouzder součástek pro využití na DPS. V tomto případě záleží na volbě velikosti pouzder součástek pro SMD montáž. Pro příklad, když konstruktér využije příliš široké pouzdro pro SMD montáž, jehož šířka je větší než délka pouzdra, viz. obr. 1. Označení pouzdra 1218 v metrické soustavě označen 3246. Délka pouzdra součástky je 3,2 mm a šířka 4,6 mm. Při umývání tavidlových zbytků nedojde k umytí tavidlových zbytků, které se nachází uprostřed dané SMD součástky. Větší tlak je na okrajích tím dochází k lepšímu umytí tavidlový zbytků od okrajů. Než se tlak dostane k polovině tak již není dostatečný k tomu, aby prolomil vzniklou hráz ve střední části pod SMD součástkou. Je lepší zvolit jiný typ pouzdra SMD součástky, nebo více součástek s menší velikostí, které mají lepší poměr mezi šířkou a délkou, tak aby došlo k lepšímu umytí tavidlových zbytků pod součástkou SMD.



Obr. 1: SMD pouzdro širší než delší (převzato [1])

U typu povrchové úpravy závisí na tloušťce vrstvy, která je vytvořena na pájecích ploškách DPS. Při povrchové úpravě např.: HAL dojde k vytvoření vyšší vrstvy, než při použití ENIG nebo OSP. Jenže tato výhoda se nedá použít pro fine pitch aplikace. Protože

vrstva vytvořená na pájecích ploškách není rovná a nehodí se pro všechny typy aplikací. Hlavní výhoda z pohledu čištění je v tom, že povrchová úprava zvětší výšku pájecích plošek na DPS a po natištění pájecí pasty a usazení součástky dojde k tomu, že je spodní část SMD součástky ve větší vzdálenosti od DPS. Díky této větší vzdálenosti dojde k lepšímu vyčištění tavidlových zbytků, které mohou být pod danou součástkou.

Nanášení pájecí pasty se provádí pomocí síta, šablonou a nebo dispenzery. Výška nanesené pasty určuje vzdálenost součástek od povrchu DPS. Tato výška je závislá na velikosti apertury, dále na tloušťce síta, počtu ok/cm, tloušťce emulze u sít nebo tloušťkou šablony u šablon. Po osazení součástkami a po následném přetavení pájecí pasty dojde ke snížení dané vzdálenosti. Toto snížení má vliv na čištění. Když je menší velikost nanesené pasty, může dojít k dosednutí součástky spodní částí na DPS a pak je obtížné pod touto součástkou vyčistit tavidlové zbytky.

Větší integrita součástek na DPS, nám zhorší velikost tlaku při čištění tlakovou kapalinou, které proniká do střední části DPS. Takže se může stát, že pod součástkami, které se nachází na okrajích DPS dojde k vyčištění všech tavidlových zbytků. Jenže u součástek ve střední části nemusí dojít tak k dokonalému vyčištění od tavidlových zbytků, které mohou zůstat pod SMD pouzdry.

1.2 Proč čistit?

V minulosti se na čištění nekladl moc velký důraz. Výrobci tavidel začali vyrábět tavidla, které nebylo za potřebí čistit. Jmenují se bezoplachová tavidla. Protože přetavovací proces při pájení není vždy dokonalý, srovnatelný s laboratorními podmínkami, aktivátory v tavidlech se nikdy nespotřebují všechna. Vždy zůstanou zbytky aktivátorů, které mohou ovlivnit konečný výsledný produkt, co se týče kvality a životnosti.

Otázku: Proč vůbec čistit? Tuto otázku si pokládá velké množství výrobců. Přidáním čistící linky znamená pro samotné výrobce zvýšení výrobních nákladů. Musí pořídit zařízení pro čištění DPS. Tímto přidáním dalšího zařízení dojde ke zvýšení časové i finanční náročnosti na daný produkt. Když začne výrobce čistit své osazené DPS, tak se zvýší kvalita vyrobených výrobků. Menší náchylnost na poruchy, které mohou být způsobeny zkraty či můstky. Z tohoto důvodu se sníží i náklady na případné reklamace. Výrobce bude moci proniknout na více trhů. Třeba na výrobu součástek či celých komponentů do segmentu, kde je kladen důraz na čistotu DPS a to je např.: zdravotnictví, vojenský průmysl. V poslední řadě to může vést ke zlepšení vlastního renomé dané společnosti. Jelikož bude své výsledné produkty DPS čistit. Dojde ke zlepšení kvality produktů, zvýšení spolehlivosti a prodloužení životnosti.

1.3 Základní typy nečistot

Čištěním se odstraňují tyto základní typy nečistoty:

- Částice
- Polární látky [2]
- Nepolární látky [2]

Částice dělíme na kovové, nekovové. Kovové částice mohou být zbytky drátků po montáži THT součástek, zbytky pájky. Nečistoty mohou způsobit zkrat mezi součástkami na DPS. Nekovové nečistoty bývají vlákna základního materiálu. Jsou pozůstatky po materiálech, z kterých je vyroben oděv, vlákna z procesu čištění šablon automatického/poloautomatického tisku, nebo po ručním čištění po doosazení a ručním pájení součástek, opravách DPS.

Polární látky jsou látky mísitelné s vodou. Aktivátory v tavidlech typu organických kyselin, aktivovaných pryskyřic, zbytky solí po procesu leptání, případně pokovování desky plošného spoje, otisky prstů. [2]

Nepolární látky jsou látky nemísitelné s vodou. Neaktivovaná kalafuna, zbytky syntetické pryskyřice, zbytky lepidel, oleje. [2]

Tyto nečistoty se mohou vyskytnout:

- Ze základního materiálu
- Důsledkem výrobního procesu
- Z okolního prostředí
- Z obsluhy, která přišla do styku s DPS při výrobním procesu

1.4 Způsoby odstraňování nečistot

Nečistoty, které ulpěly na DPS při výrobním procesu, nebo při opravách jsou odstraňovány následujícími metodami např.:

- Manuální čištění
- Strojové čištění

1.4.1 Manuální čištění

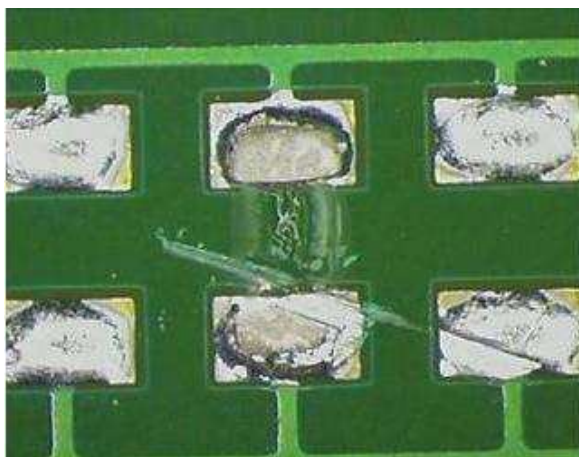
- Mechanické čištění

Mechanické čištění se provádí na lokálních místech DPS. Kde se z důvodu poruchy či poničené součástky byla prováděná oprava. Po odstranění poničené součástky se provede očištění DPS, odstranění zbytků tavidel a lepidel pro SMD montáž. Pro čištění se používají odstraňovače tavidel za pomoci čistících kartáčů, štětců nebo tyčinek a bezvlákných utěrek. Ve větší míře se používají převážně odstraňovače tavidel za minimálního použití kartáčů. A to z toho důvodu, aby nedošlo k poškrábání a následnému poničení DPS následným čištěním. Správná volba odstraňovače zbytků tavidla závisí na typu použitého tavidla. K tomuto čištění může být použit izopropylalkohol. Ten rozpouští celou škálu nepolárních sloučenin. Patří sem neaktivovaná kalafuna, zbytky syntetické pryskyřice, zbytky lepidel. [2]

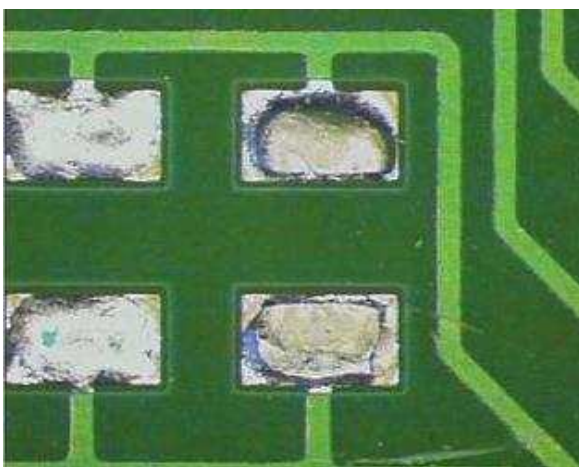
1.4.2 Strojové čištění

- Ultrazvukem
- Rotační ostřík
- Přímý ostřík

Při čištění ultrazvukem se využívá ultrazvuková energie. Ultrazvuková energie je zdrojem mikrovibrací v kapalině, jež vytvoří vakuové bubliny, kterými je generován velmi intenzivní čistící efekt. Statistiky ukazují, že je čištěno ultrazvukem nespočetné množství DPS s velmi dobrými výsledky. Když je nastavena správná intenzita, frekvence a čas procesu, není žádné riziko mechanického poškození. [3] Výhody ultrazvukového čištění je možnost čištění ve špatně přístupných místech i při velkých zástavbových hustotách na DPS. Na obr. 2 je DPS bez čištění, patrné jsou tavidlové zbytky. Obr. 3 ukazuje vyčištění tavidlových zbytků na DPS.



Obr. 2: DPS před čištěním ultrazvukem (převzato z [4])



Obr. 3: DPS po čištění ultrazvuku (převzato z [4])

U myček s rotačním ostřikem ostřikové rameno vypadá podobně jako u myček na nádobí. Rameno může být umístěno svisle, nebo vodorovně. Tyto myčky se používají pro malosériovou výrobu. Výsledné čištění DPS není tak účinné jak u myček s přímým ostřikem. Hlavní nevýhodou rotačních myček je již v jejich konstrukci. Při rotaci ostřikového ramene dochází k častějšímu umývání DPS, které se nachází blíže ke středu rotace. Při špatně nastaveném času čistícího procesu může dojít k odstranění popisků, značení na DPS. Když jsou umístěny DPS u středu rotace. Proto je lepší DPS spíše dávat k okraji ose rotace nežli k jejímu středu.

Myčky s přímým ostřikem mají výhodu oproti myčkám s rotačním ostřikem v tom, že tlaková čistící kapalina dopadá na všechny DPS rovnoměrně. Žádná DPS není omývána více, nežli jiná. Umývání DPS je efektivnější.

1.5 Problematika čistících prostředků

Prostředky pro čištění, musí být kompatibilní s DPS součástkami, použitými plasty a povrchovými úpravami. Musí vyčistit tavidlové zbytky, které nebyly spotřebovány při procesu pájení.

Klíčovým požadavkem pro čištění DPS je správná volba čistící kapaliny. Tyto čistící kapaliny nesmí poškodit samotnou konstrukci DPS.

Při posuzování vhodnosti čistící kapaliny je důležitá[2]:

- Čistící účinnost na různé typy tavidel, lepidel i pájecích past
- Kompatibilita s různými povrchy DPS, součástek i tiskových šablon
- Technika čištění
- Znalost podmínek čištění (teplota a doba čištění)
- Schopnost pronikat (penetrovat) pod součástky SMD ovlivňuje ji povrchové napětí, viskozita a smáčivost
- Toxicita – nejenom negativní vliv na lidský organismus, ale také možný nepříznivý vliv na životní prostředí (narušení ozonové vrstvy)
- Spotřeba, cena
- Schopnost odstraňovat pájecí médium při kondenzačním pájení

1.5.1 Rozpouštědla na organické bázi

- Fluorované uhlovodíky (HFC) [2]

Používání freonů (typ CFC-113), které poškozují ozónovou vrstvu, bylo zakázáno, později byly nahrazovány méně škodlivými freony typu HCFC-141b, které se přestávají používat. Preferují se typy na bázi fluorovaných uhlovodíků (HFC). Jejich výraznou předností je, že nepoškozují ozónovou vrstvu. [2]

Přednosti[2]:

- Rychlé odpařování
- Nehořlavost

Nevýhody[2]:

- Poškozování ozónové vrstvy
- Nekompatibilita s některými plasty
- Vyšší cena

- Perfluorované uhlovodíky [2]

Ve většině aplikací se používají s fluorovanými uhlovodíky a terpeny. Měly by se používat omezeně. [2]

Přednosti[2]:

- Rychlé odpařování

- Nehořlavost
- Nepoškozuje plasty
- Nejsou toxické

Nevýhody[2]:

- Vyšší cena
- Špatné čisticí schopnosti nejsou-li smíchány
- Přispívají ke globálnímu oteplování
- Tradiční alkoholy [2]

Pro výše uvedené aplikace se používá zejména izopropanol a etanol, které mají přijatelnou úroveň toxicity. Jsou schváleny MIL aplikace. [2]

Přednosti[2]:

- Velmi dobrá kompatibilita s plasty
- Účinné na většinu tavidel
- Vyhovuje MIL

Nevýhody[2]:

- Hořlavost
- Hygroskopičnost
- Klasifikovaný jako rozpouštědla
- Nelineární alkoholy [2]

Používají se pro náročné aplikace. Jsou vynikající pro čištění šablon. Nutno předem vyzkoušet kompatibilitu s plasty. [2]

Přednosti[2]:

- Vyšší bod vzplanutí
- Účinné na většinu tavidel
- Nízká cena

Nevýhody[2]:

- Hořlavost
- Pomalé odpařování
- Modifikované alkoholy [2]

Používají se pro náročné aplikace. Jsou vynikající pro čištění DPS šablon. Nutno předem vyzkoušet kompatibilitu s plasty. Rozpouštění pryskyřičné části se děje pomocí modifikovaných alkoholů ev. ještě v kombinaci s dalšími organickými rozpouštědly, které na sebe vážou část tavidlových zbytků. Používají se i ve směsi s vodou. Moderní čisticí prostředky. [2]

- Terpeny [2]

Jsou přírodním produktem s citrusovým aroma. Vynikající pro čištění za studena. Odstraňují všechny typy tavidel a olejů, nenechávají žádné zbytky. Před použitím nutno otestovat kompatibilitu s plasty. [2]

Přednosti[2]:

- Účinné pro všechny typy tavidel

- Přírodní produkt

Nevýhody[2]:

- Hořlavost
- Pomalé odpařování
- Charakteristický odér

- Směsi uhlovodíků [2]

Čistící prostředek na většinu tavidel. Bezoplachové směsi. Všeobecně nepoškozují plasty. Specifické aroma. Možnost recyklace. [2]

Přednosti[2]:

- Účinné pro většinu typů tavidel
- Snadná aplikace

Nevýhody[2]:

- Hořlavost
- Pomalé odpařování
- Klasifikováno jako rozpouštědlo

1.5.2 Emulzní rozpouštědla

Rozpouštědla smíchaná s vodou a tenzidem se nazývají emulzní rozpouštědla. Tenzidy = povrchově aktivní činidla = snižují povrchové napětí rozpouštědel a tím usnadňují rozpouštění a odstranění nečistot. Modifikované alkoholy + voda + tenzid = mikroemulzní čištění. [2]

1.5.3 Rozpouštědla na vodní bázi

Do této skupiny rozpouštědel patří:

- Deionizovaná voda [2]

Velmi efektivní pro čištění aktivátorů z tavidel na vodní bázi a "bílých rezidui" z dalších typů tavidel. Deionizovaná voda rozpustí jen část polárních nečistot vyskytujících se na povrchu tavidlových zbytků. Další část ionizovatelných nečistot je "uvězněna" v pryskyřičné části tavidla. Pro zvýšení čistící účinnosti se deionizovaná voda často míchá s jinými rozpouštědly. [2]

Přednosti[2]:

- Vyhovuje MIL
- Vynikající pro čištění aktivátorů v tavidlech typu organických kyselin
- Kompatibilita s plasty
- Nízká cena

Nevýhody[2]:

- Pomalé odpařování
- Neúčinné pro odstraňování tuků a olejů

- Deionizovaná voda se saponifikátory (tenzidy) [2]

Velmi efektivní pro čištění aktivátorů z tavidel na pryskyřičné i vodní bázi. Přednosti saponifikátorů, žádné ev. velmi malé množství těkavých složek, nehořlavost. [2]

Přednosti[2]:

- Vyhovuje MIL
- Kompatibilita s plasty
- Nízká cena

Nevýhody[2]:

- Pomalé odpařování

Tenzid snižuje povrchové napětí vody a tím usnadňuje rozpouštění a odstranění nečistot. Tenzid je nejdůležitější součástí všech čistících a pracích prostředků. Čistící prostředky na vodní bázi je vhodné regenerovat. Čištění na vodní bázi patří k nejekologičtějším čistícím systémům. [2]

2 KONTROLA ZNEČIŠTĚNÍ DPS

2.1 Iontová čistota

Pojem iontová čistota znamená, že na povrchu sestavy nebo v jejich povrchových i hloubkových vrstvách nejsou látky, které mají elektronovou aktivitu a mohou se uvolnit. [5]

2.2 Přímé metody měření

2.2.1 Metoda ROSE (Resistivity Of Solvent Extract)

Tato metoda vychází z předpisů IPC-TM-650, testovací metoda 2.3.25D. Deska plošného spoje je omývána roztokem. Norma povoluje dva typy roztoků podle koncentrace IPA. První typ roztoku povoluje koncentraci 75 % objemu izopropylalkoholu (minimální čistota 99,5 %) a 25 % objemu deionizované vody. Druhý typ roztoku má koncentraci 50 % objemu izopropylalkoholu a 50 % objemu deionizované vody. Deionizovaná voda by měla mít tyto parametry 16 MΩ/cm (vodivost nižší než 0,0625 μS/cm) až 25 MΩ/cm (vodivost 0,04 μS/cm). Množství iontových materiálů v roztoku je vyjádřeno vodivostí, která je ekvivalentní vodivosti silně ionizovaného roztoku, jako je chlorid sodný NaCl. Iontové zbytky jsou vyjádřeny jako ekvivalenty μgNaCl/cm². Doporučený limit pro tuto metodu je 1,56 μgNaCl/cm². [6]

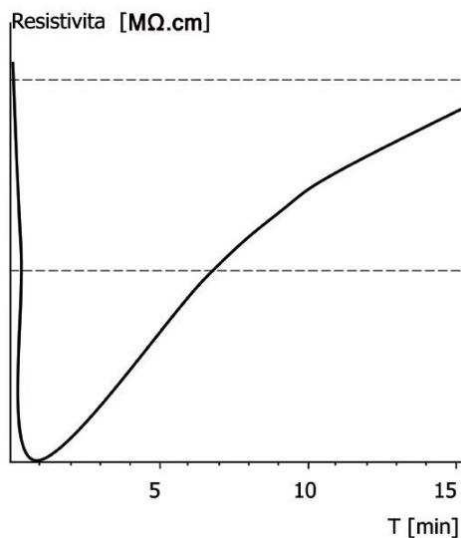
Výpočet kontaminace DPS je definován následujícím vtahem [7]

$$Z_{PS} = \frac{(\gamma_1 - \gamma_0) \cdot V}{S \cdot k_{24}}, \quad (2.1)$$

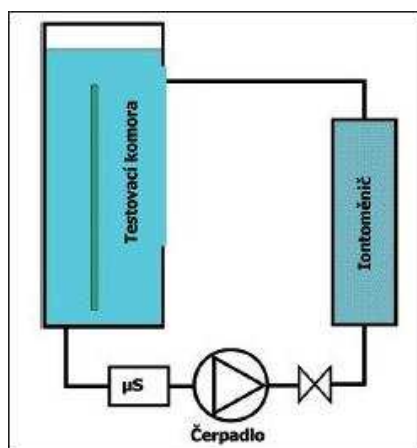
kde Z_{PS} je výsledná kontaminace DPS, γ_0 vodivost počáteční, γ_1 vodivost konečná, V objem měřicí kapaliny, S plocha DPS (suma ploch obou stran DPS), k_{24} směrnice vodivosti při 24 °C

2.2.2 Ionograf

Jedná se o dynamickou metodu měření. Testovací roztok je kontinuálně regenerován. Z rychlosti regenerace roztoku se vzorkem a konečné hodnoty vodivosti roztoku se počítá ekvivalent solnosti. Obr. 4 znázorňuje charakteristickou křivku měření ionografu. Ionografické měření se provádí za studena, nebo při zvýšené teplotě pro větší citlivost. [5] Schéma ionografu je na obr. 5.



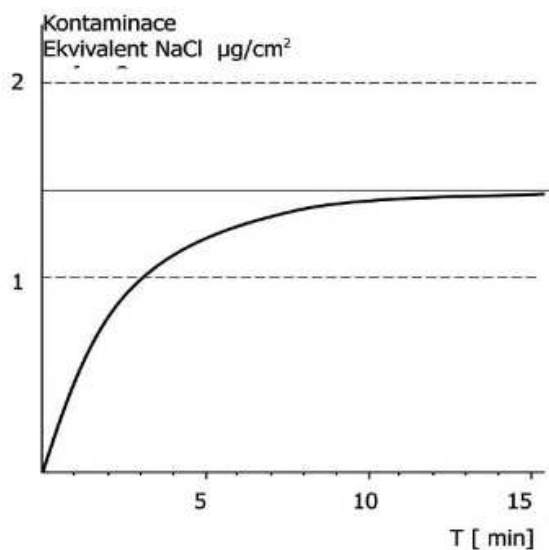
Obr. 4: Charakteristická křivka měření ionografu (převzato z [5])



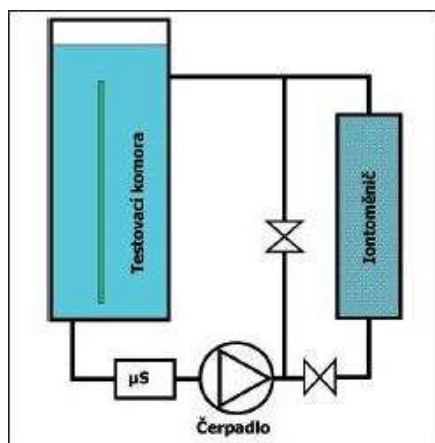
Obr. 5: Schéma ionografu (převzato z [5])

2.2.3 Omegametr

Statická metoda, při níž se roztok deionizované vody a izopropylalkoholu připraví v přístroji cirkulací přes speciální vysoce výkonné iontoměniče (cca $20 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$). Po dosažení požadované hodnoty se iontoměničové kolony oddělí z okruhu a roztok se vystaví působení vzorku. Hodnota vodivosti postupně klesá k nějaké ustálené hodnotě. Obr. 6 ukazuje typickou křivku měření omegametru. Kalibrace je opět pomocí NaCl, výsledky $\mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$. [5] Na obr. 7 je zobrazené schéma omegametru.



Obr. 6: Typická křivka měření omegametru (převzato z [5])



Obr. 7: Schéma omegametru (převzato z [5])

2.3 Nepřímé metody měření

Jsou to metody, které sice neměří znečištění v nějakých fyzikálních jednotkách, zato však měří nebo zjišťují jeho účinky. Tím se maximálně přibližují praxi. [5]

2.3.1 Vizuální metody

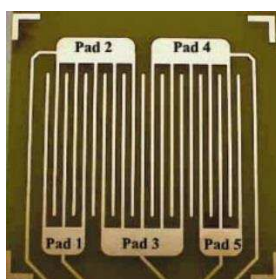
Na modelech skleněných substrátů + keramických čipů je AOI zařízením přesně vyhodnocován poměrný zbytek pryskyřic pod testovacími čipy. Porovnáním čistících parametrů při takové kalibraci a čištění skutečné DPS lze s velkou přesností stanovit požadované parametry, stav stroje a čistícího procesu dlouhodobě i při vývoji nových speciálních technologií. [5]

2.3.2 Korozivita tavidla

Je-li při laboratorní zkoušce zjištěna velká korozivní odolnost tavidla v extrémních podmínkách, je předpoklad, že sestavy budou odolné. [5]

2.3.3 SIR (Surface Insulation Resistance), povrchový izolační odpor

Povrchový izolační odpor je definován normou IPC-TM-650, testovací metoda 2.6.3.7. Testuje se na speciálních destičkách, které jsou podle normy IPC-B-52. Měří se elektrický odpor izolačního materiálu mezi dvojicí kontaktů, vodičů, nebo uzemnění. Při testování se jedná o procesní schopnost odolávat selhání pomocí proudového úniku, nebo elektrický zkrat tj. dendritický růst. Testování se provádí za těchto podmínek: teplota 40 ± 1 °C, relativní vlhkost 90 ± 3 %. [8] Na obr. 8, je znázorněna speciální destička s hřebenem podle normy IPC-B-52.



Obr. 8: Speciální destička s hřebenem (převzato z [8])

2.3.4 Test elektromigrace

Hřebínkové vzorky jsou podrobeny vlhkostnímu testu a odpor měřen po testu nebo i během testu. Toto průběžné měření je důležité zvláště u sestav s bezolovnatými slitinami SAC, neboť dendrity Ag rostou velmi jemně a v okamžiku spojení přehoří, takže při klasickém SIR nebo při testování až po vyjmutí z komory nemusí být indikovatelné. [5]

2.3.5 Testování povrchového odporu

Testy prováděné čtyřbodovou sondou se většinou používají na kontaktních pozlacených ploškách. [5]

2.3.6 Testy pájitelnosti

Zbytkové nečistoty mohou význačně ovlivnit pájitelnost. [5]

2.3.7 Testy kontaktovatelnosti

Provádí se testerem pevnosti kontaktních spojů po procesu kontaktování. [5]

3 PRŮMYSLOVĚ VYRÁBĚNÉ MYČKY

Tyto myčky jsou vyrobeny a sestaveny tak, aby byla zabezpečena co nejvyšší efektivita čistícího cyklu. Mají vlastní zásobník na čistící kapalinu pro zabezpečení uzavřeného čistícího okruhu. Tímto je zabezpečeno, aby nedošlo ke kontaminaci nádrže z okolního prostředí. Tím je zabezpečena delší životnost čistící kapaliny. Myčky mají vlastní filtraci k odstranění nečistot, které při mytí odstranila z DPS, aby tyto nečistoty nekontaminovaly zásobník s čistící kapalinou. Myčky jsou plně nastavitelné např.: délka mycího programu, tlak čistící kapaliny a teplota ofukovacích trysek při sušení.

3.1 Myčka desek plošných spojů

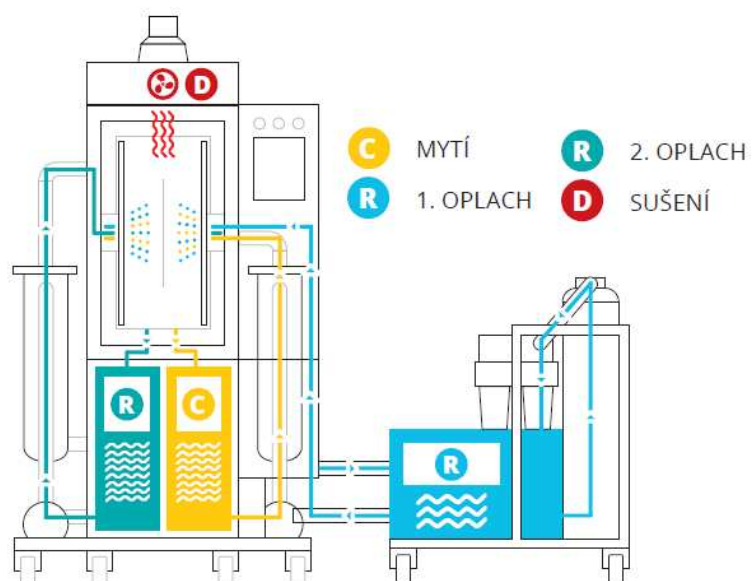
Výrobou myček DPS se zabývá celá řada firem, firmy v ČR např.: PCB works, DCT. Pouze od firmy DCT byly zjistitelné technické parametry jejich vyráběné myčky DPS. Jedná se např. o výrobek InJet 388CRRD viz. obr. 9. Je to myčka pro nízkokapacitní výrobu od 50 – 300 ks denně. Tato myčka, která má přímý ostřík DPS. V mycí komoře se provádí mytí, první oplach, druhý oplach a sušení. Schématické znázornění myčky je na obr. 10. Dveře myčky jsou průhledné, aby bylo možno kontrolovat proces mytí. [9]



Obr. 9: Snímek myčky InJet 388 CRRD (převzato z [10])

Technické parametry myčky[10]:

- Mechanická filtrace mycí kapaliny 20 – 100 μm
- Mechanická filtrace oplachové kapaliny 5 – 20 μm
- Přípustné tlaky v okruzích
 - Mytí 1,5 – 2,8 Bar
 - 1. oplach 0,1 – 0,8 Bar
 - 2. oplach 0,3 – 1,5 Bar
- Rozsah teploty od teploty okolí až do 60 °C
- Rozsah teploty 1. oplachové kapaliny od teploty okolí do 60 °C
- Rozsah teploty 2. oplachové kapaliny od teploty okolí do 60 °C
- Doporučení pro DPS, teplota 35 – 55 °C, čas mytí 30 min.



Obr. 10: Schématické znázornění myčky InJet 388 CRRD (převzato z [10])

4 NÁVRH VLASTNÍ MYČKY DPS PRO MALOSÉRIOVOU VÝROBU

Vlastní sestava byla navrhována takto. Sestava se skládá z těchto hlavních komponentů:

- Pračka s čisticí kapalinou
- Ofuk DPS stlačeným vzduchem
- Oplachovací nádrže a nádrž na finální oplach
- Čerpadlo
- Myčka

4.1 Pračka

Pračka bude sloužit k prvotnímu umytí. Pračka má vlastní ohřev, bude možno udržovat předepsané teploty podle výrobce čisticí kapaliny. DPS budou celé ponořeny v čisticí kapalině. V pračce dojde k vytvoření proudění čisticí kapaliny v okolí DPS. Na obr. 11 je zvolená pračka.



Obr. 11: Zvolená pračka

4.2 Ofuk DPS stlačeným vzduchem

Ofuk se bude provádět na DPS, které se vyndají z pračky. Pomocí ofuku je zabezpečeno odstranění čisticí kapaliny z povrchu DPS, aby se zamezilo možnosti kontaminace oplachovacích nádrží a nádrže na finální oplach.

Ofuk se bude provádět pomocí ofukovací pistole, která je připojena na kompresor. Pod ofukovanou DPS je umístěna nádrž, která slouží na odchyt přebytečné čisticí kapaliny. Na obr. 12 je znázorněna nádrž na ofuk DPS.



Obr. 12: Nádrž na ofuk

4.3 Oplachovací nádrže a nádrž na finální oplach

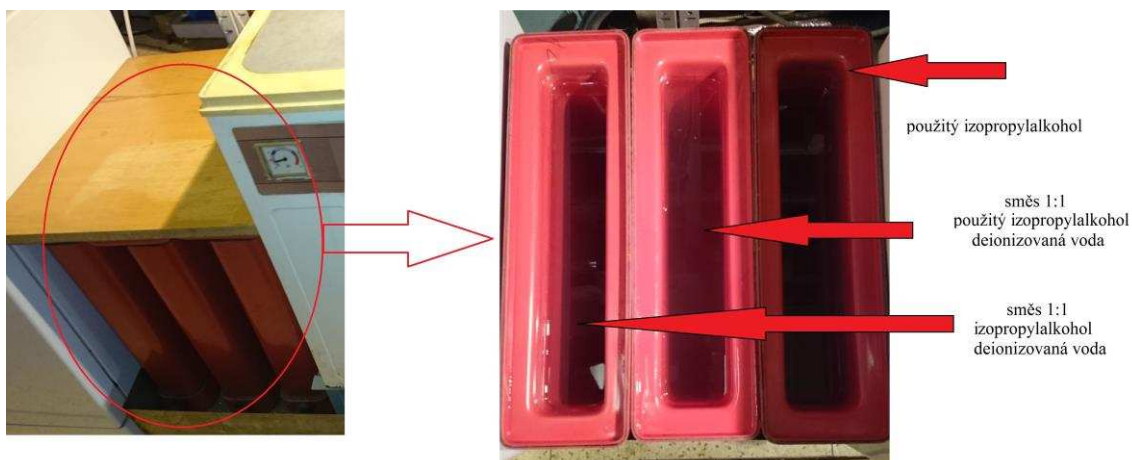
Oplachovací nádrže slouží k mezi procesnímu oplachování DPS. DPS budou postupně ponořeny do jednotlivých nádrží. Oplachovací nádrže se skládají ze tří samostatných 15 l nádrží. Náplň jednotlivých nádrží se liší.

V první nádrži je použit použitý izopropylalkohol. Tento izopropylalkohol byl již použit pro čištění DPS. První nádrž má za účel odstranit zbytky čistící kapaliny, který zůstal na DPS po ofouknutí stlačeným vzduchem po vytažení z pračky.

V druhé nádrži je směs 1:1 z použitého izopropylalkoholu 50 % objemu a z 50 % deionizované vody. Druhá nádrž má za účel odstranit zbytky pro předchozích operacích.

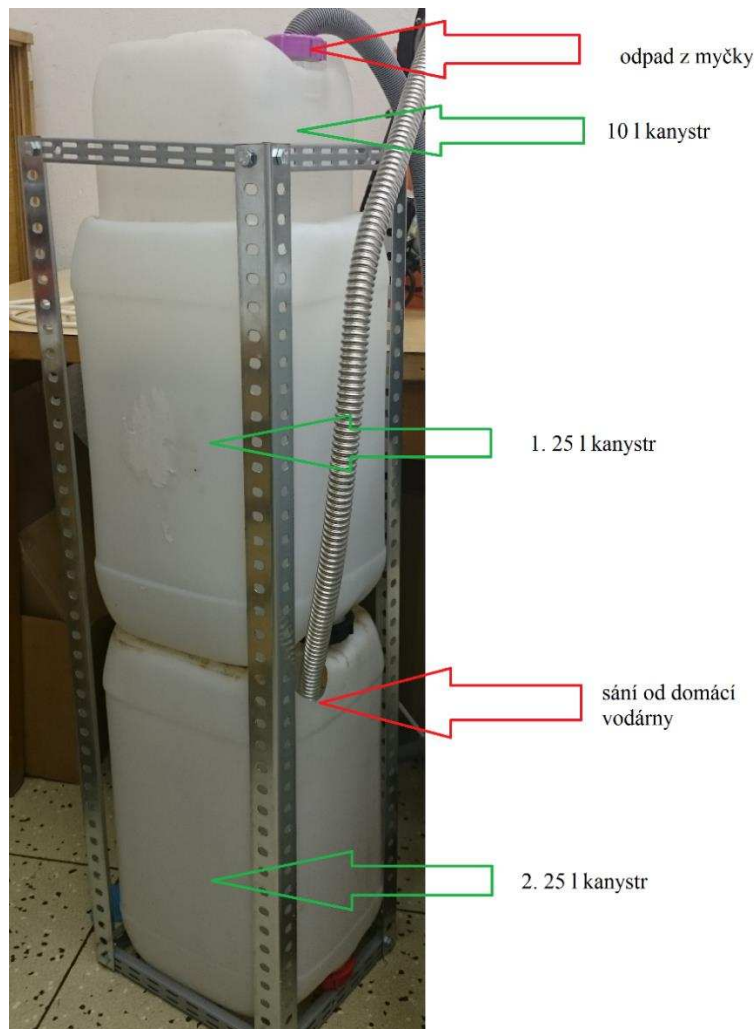
Ve třetí nádrži je směs 1:1 z izopropylalkoholu 50 % objemu a z 50 % objemu deionizované vody. Účel třetí nádrže je odstranit veškeré kontaminace z předchozích oplachů, aby se nekontaminovala oplachová kapalina v myčce na nádobí.

Tímto se zlepší očištění DPS od zbytků čistících kapalin, která byla použita v pračce. Na obr. 13 je znázorněné rozmístění oplachovacích nádrží. Oplachovací nádrže jsou umístěny mezi pračkou a myčkou na nádobí, aby byla co možná nejkratší manipulační cesta.



Obr. 13: Rozmístění oplachovacích nádrží

Nádrž na finální oplach se skládá ze dvou samostatných kanystrů o objemu 25 l, jednoho kanystru o objemu 10 l. Celkový maximální objem nádrží v sestavě je 50 l. Toto množství zabezpečí dostatečné množství oplachové kapaliny pro finální oplach s kontrolovanou vodivostí oplachového média. Na obr. 14 je znázorněná celá sestava nádrží nad sebou s popiskem. Sestava nádrží je uzavřena, aby se zamezilo odpařování.



Obr. 14: Sestava nádrží s popisky

Do 10 l kanystru je vyveden odpad z myčky. Ve dně v tomto kanystru je vložena polypropylenová filtrační vložka. Filtrování kapaliny je zabezpečeno samovolným průtokem kapaliny přes filtraci do prvního kanystru. Filtrovaná oplachová kapalina prochází vnitřní částí filtrační vložky do válce kde je směs anex, katex a aktivní uhlí. Spodní část i horní část válce je uzavřena tkaninou polymon 54T. Díky této filtraci je zabezpečeno, že v prvním kanystru nebude znečištěná oplachová kapalina.

V prvním 25 l kanystru je výstup filtrace z 10 l kanystru. Dno kanystru je upraveno tak, aby bylo možno do něj vložit 10 l kanystr. Tento kanystr je propojen s druhým 25 l kanystrem přes hrdlo. Vyčištěná oplachová kapalina samovolně protéká do druhého kanystru.

V druhém 25 l kanystru se nachází již vyčištěná oplachová kapalina, kterou je možno

použít při finálním oplachu. Do tohoto kanystru je přivedeno sání od domácí vodárny. Tento kanystr je hlavní zásobárna oplachové kapaliny pro finální oplach.

4.4 Volba čerpadla

Čerpadlo musí zabezpečit kontinuální zásobování tlakové kapaliny, aby bylo zabezpečeno zásobování myčky. Zvolena byla domácí vodárna. Tato domácí vodárna zabezpečuje natlakování oplachové kapaliny a má i svůj vlastní zásobník na oplachovou kapalinu. Díky tomuto zásobníku nedojde k přerušení dodávky oplachové kapaliny. Při poklesu tlaku dojde k automatickému sepnutí čerpadla a k opětovnému natlakování, doplnění vlastního zásobníku.

Pro sestavu byla vybraná domácí vodárna od firmy Sharks. Tato vodárna má dostatečnou velikost zásobníku pro použití v sestavě a to 19 l. Při zvolení programu, který má největší spotřebu vody (17,5 l [11]), bude v zásobníku ještě zásoba 2 l. Dodává oplachovou kapalinu o tlaku do 0,35 MPa. Tento tlak plně vyhovuje pro zapojení s myčkou. Pro myčku je přípustný tlak 0,03 – 1 MPa.

4.5 Výběr vlastní myčky

Při výběru vlastní myčky DPS se vychází z parametrů průmyslově vyráběných myček DPS. Podobné parametry byly vyhledávány u myček na nádobí. Jediná nevýhoda je v tom, že myčky na nádobí mají přesně stanovené nastavení parametrů mycích programů. Jak délku mycího programu, teplotu při mytí tak i teplotu při sušení. Myčky na nádobí se vyrábí tak, aby již koncový uživatel nemusel nic složitě nastavovat. Jediné co si uživatel nastavuje sám, bývá délka mycího programu podle zašpiněného nádobí. Teplota je již pevně nastavena od výrobce podle zvoleného programu.

Při výběru myčky nádobí byla zvolena myčka od firmy Amica. Myčka má možnost výběru zónového mytí, vhodné pro mytí i větších DPS pouze ve spodním koši. Další funkce, která nebývá tak obvyklá u myček v cenové relaci do 10000 Kč, je sušení navíc. Pomocí této funkce může být docíleno lepšího usušení DPS po procesu mytí. Výhodou použití myčky na nádobí je i vlastní filtrace, která je již součástí myčky.

Filtr se skládá z hlavního filtru, hrubozrnného filtru a z mikrofiltru. [11] Díky této filtraci dojde již k zachycení ev. nečistot uvnitř myčky.

4.6 Volba čisticí kapaliny

Čisticí kapaliny by měly mít tyto požadavky:

- Malé povrchové napětí
- Netoxičnost
- Kompatibilita s plasty
- Ekologičnost
- Cena

Čistící kapaliny:

- DECOTRON 331S

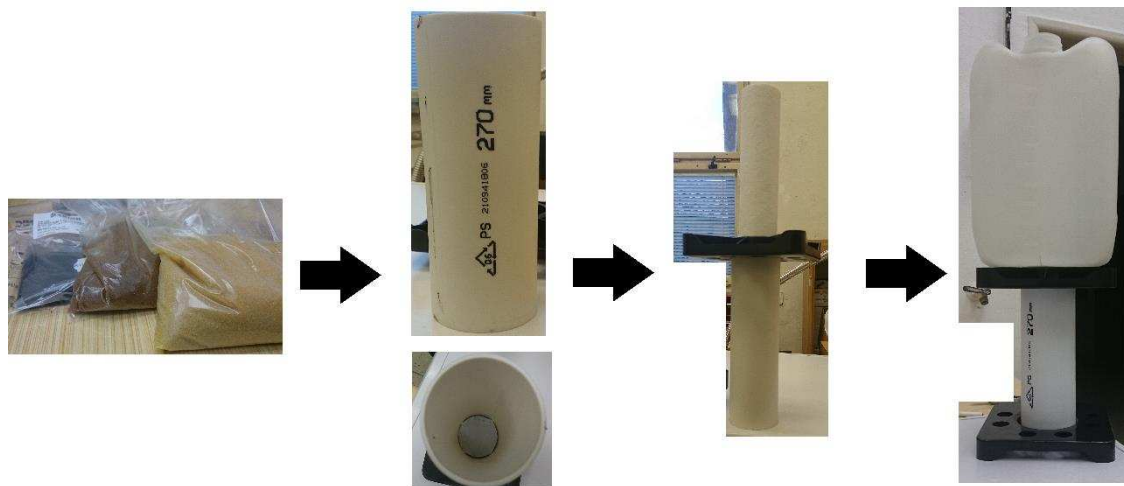
Určený pro použití ve všech typech mycích zařízení, především pak pro vysokotlaký postřik. Doporučena pro použití v systémech s uzavřeným okruhem a s mechanickou filtrací. Kapalina je alkalická, vyžaduje oplach deionizovanou vodou. Eliminuje možné pění deionizované vody na oplachovém okruhu mycího zařízení. Přátelský k životnímu prostředí biodegradabilní. Neobsahuje tensidy, nehrozí výskyt pevných zbytků na povrchu čistěných dílů. Lze zahřát pro zvýšení účinnosti mytí. Doporučená procesní teplota: 35 – 55 °C. [12]

- PROTON 42

Určený pro použití ve všech typech mycích zařízení, především pro ultrazvuk. Doporučen pro systémy s uzavřeným okruhem a s mechanickou filtrací. Bezoplachová kapalina. Vysoká kompatibilita s díly k mytí a komponenty na DPS. Přátelský k životnímu prostředí biodegradabilní. Neobsahuje tensidy, nehrozí výskyt pevných zbytků na povrchu čistěných dílů. Doporučená procesní teplota: 35 – 55 °C. [13]

4.7 Filtrace

Filtraci bude zabezpečovat směs anex, katex a aktivní uhlí. Pomocí filtrace bude docíleno vyčištění kapaliny finálního oplachu. Díky této filtraci bude zabezpečena regenerace oplachového roztoku a možnost znovupoužití v systému. Regenerace snížení možné náklady na oplachovou kapalinu, která by se musela nahradit po každém mytí. Na obr. 15 je znázornění vytvoření filtrace. Zleva: filtrační směs anex, katex a aktivní uhlí. Tato směs je nasypána ve válci. Na válcí je nasazena filtrační vložka, ta je pak zasunuta do dna 10 l kanystru.

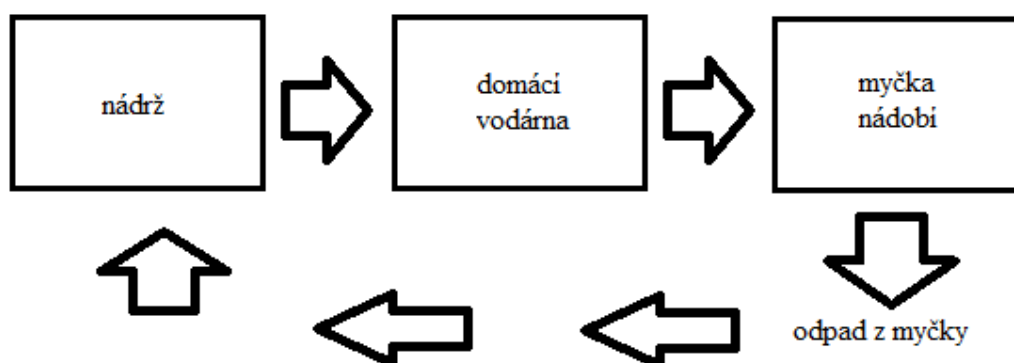


Obr. 15: Znázornění vytvoření filtrace

5 SESTROJENÍ VLASTNÍ MYČKY DPS

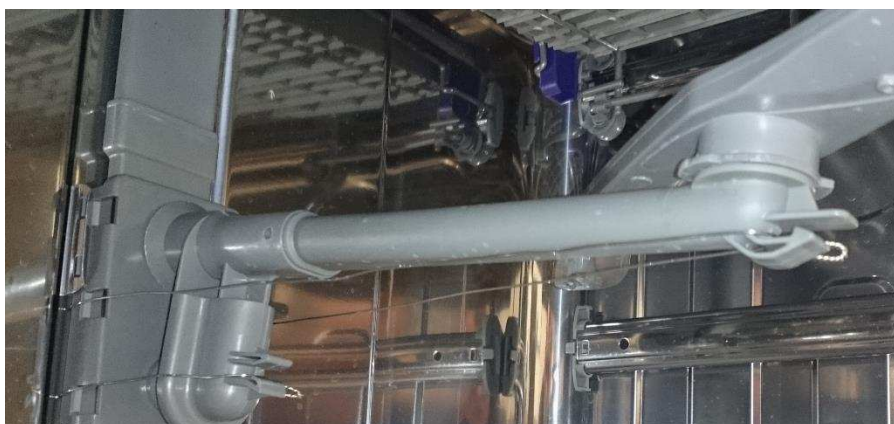
5.1 Montáž a sestavení

Jednotlivé komponenty byly propojení pomocí nerezové kovové hadice. Nerezová kovová hadice není náchylná na případné použití čisticích prostředků. Na sání z kanystru je připevněn koš se zpětnou klapkou. Koš zabezpečí, aby se hadice nepřisála na dno kanystru. Díky zpětné klapce nedojde k vypuštění tlaku z domácí vodárny po vypnutí čerpadla. Domácí vodárna zůstane natlakovaná. Na obr. 16 je blokové schéma zapojení uzavřeného okruhu. Na sacím potrubí u domácí vodárny je zapojen vypouštěcí ventil. Pomocí ventilu bude možno vypustit tlak ze systému.



Obr. 16: Schéma zapojení uzavřeného okruhu

Myčka na nádobí byla upravena pro oplach malých DPS. Byl vyndán horní koš na nádobí, otočná střední tryska byla otočena o 90 °. Díky tomuto zásahu byl zabezpečen rotační oplach DPS i z horní strany. DPS budou oplachovány silným proudem od spodní rotační trysky a slabším proudem z horní trysky. Tryska byla uchycena nerezovým vázacím drátem viz. obr. 17. Pomocí tohoto zásahu je zabezpečena fixace rotační trysky ve své poloze. Kdyby nebyla tato rotační tryska zafixována, mohlo by dojít k uvolnění a vypadnutí trysky. Tryska je v originálním sestavení fixována košem.



Obr. 17: Fixace střední otočné trysky drátem

5.2 Otestování funkčnosti sestavy

Funkčnost sestavy ještě bez použitých filtrů i iontoměníčů byla otestována za pomoci čisté vody. Do kanystru bylo naplněno 25 l vody, po té bylo zaplaveno čerpadlo u domácí vodárny. Když byla domácí vodárna připravena k použití, byla zapnuta. Na barometru domácí vodárny bylo sledováno zvyšování tlaku v soustavě. Když byla soustava natlakovaná, byl zvolen program pro oplach nádobí na myčce na nádobí. Tento program by měl podle výrobce myčky spotřebovat 4 l vody.[11] Po uplynutí doby programy, bylo otestováno i vypouštění do připraveného kanystru. Na obr. 18 je celá sestava. Uzavřený okruh a pračka.

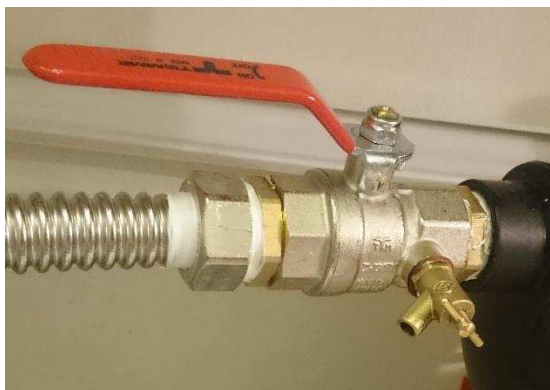


Obr. 18: Celá sestava

Test sestavy dopadl úspěšně. Díky tomuto testu byla otestována funkčnost celé sestavy, zdali je možné použít myčku na nádobí v uzavřeném okruhu.

5.3 Přidání vypouštěcího ventilu před domácí vodárnu

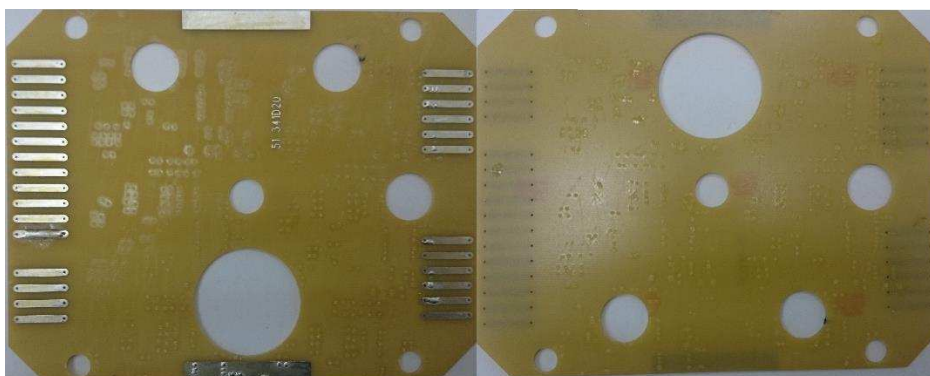
Přidání vypouštěcího ventilu před domácí vodárnu můžeme sledovat vodivost regenerované oplachové kapaliny finálního oplachu. Vodivost je důležitý a sledovaný parametr v celém zařízení. Proto byl přidán tento ventil, který umožní odebrání vzorku. Ventil neslouží pouze k odebírání vzorku pro měření vodivosti, ale i k vypuštění domácí vodárny. Při vypouštění je možné konec hadičky zasunout místo výpustě z myčky. Díky tomuto propojení je možné regenerovat oplachovou kapalinu bez nutnosti zapínání myčky na nádobí. Vypouštěcí ventil je zobrazen na obr. 19.



Obr. 19: Vypouštěcí ventil

5.4 Testování zvolených čistících kapalin

Test zvolených čistících kapalin byl prováděn na DPS, na kterých byla před testováním nanесena bezolovnatá pájecí pasta. Tato pasta byla přetavena v přetavovací peci podle definovaného přetavovacího profilu, který uvádí výrobce pájecí pasty. Po vychladnutí DPS byla odstraněna pájka, tím zůstaly pouze na DPS tavidlové zbytky. Přípravu DPS byla provedena firmou SMTplus.Cz. Viz. obr. 20, na levé straně je znázorněná horní strana DPS a na pravé straně je znázorněná spodní strana DPS. Na této DPS jsou viditelné tavidlové zbytky. Po těchto krocích již byly DPS připravené na testování pro jednotlivé čistící kapaliny.

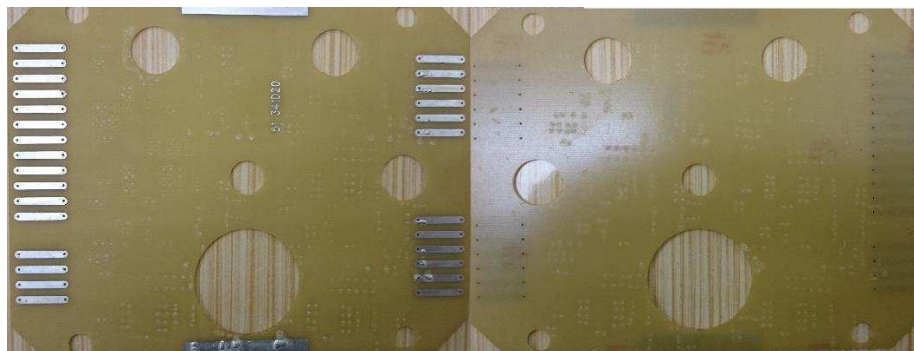


Obr. 20: Připravená DPS pro testování

5.4.1 Test DECOTRONU

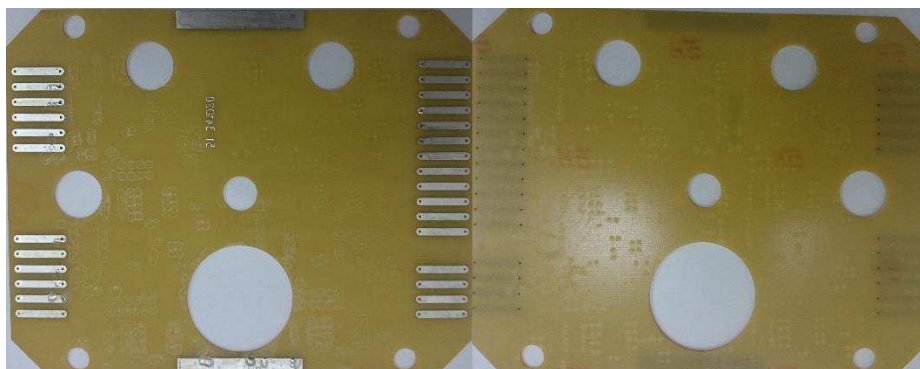
Testování DECOTRONU probíhalo v misce. DECOTRON byl ohřát na teplotu 40 °C. Tato teplota odpovídá doporučené procesní teplotě z technického listu. Kýváním miskou docházelo k proudění DECOTRONU po povrchu DPS.

Po uplynutí 15 min., byla DPS vyndána. Mechanicky bylo odzkoušeno umytí tavidlových zbytků z povrchu DPS. Jenže nebyla výrazná změna oproti původnímu stavu před testem, viz. obr. 21. Na tomto obr. 21 jsou patrné tavidlové zbytky.



Obr. 21: Test DECOTRONU po 15 min. v lázni

Bylo rozhodnuto v testu pokračovat. DPS byla vrácena zpět do lázně na 15 min., teplota lázně byla udržována na 40 °C. Po uplynutí této doby byl proveden stejný test na odstranění tavidlových zbytků. Po mechanickém testu DPS nebyla zaznamenána žádná změna. Bohužel nenastalo odstranění tavidlových zbytků z DPS. Tento test je patrný na obr. 22.



Obr. 22: Test DECOTRONU po 30 min. v lázni

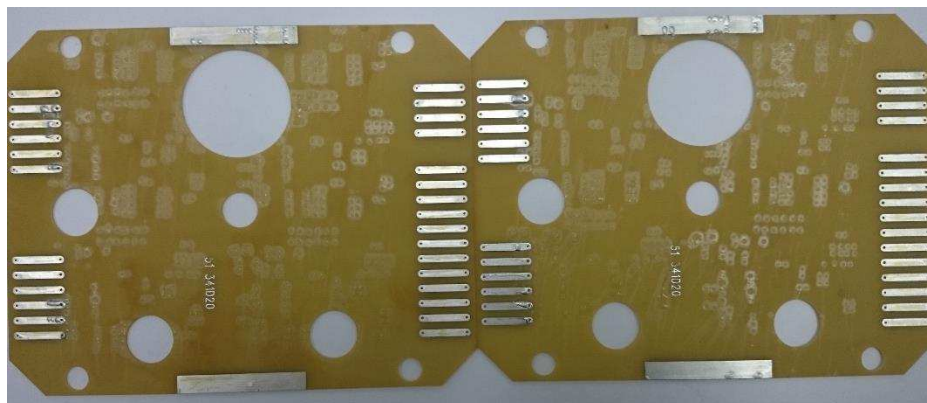
5.4.2 Test PROTONU

Test PROTONU probíhal podobně jak u testování DECOTRONU taky v misce. Testování probíhalo současně ve dvou miskách, viz. obr. 23. Jedna miska byla ohřáta na předepsanou teplotu 40 °C a v druhé misce měl PROTON teplotu okolí a to 24 °C.



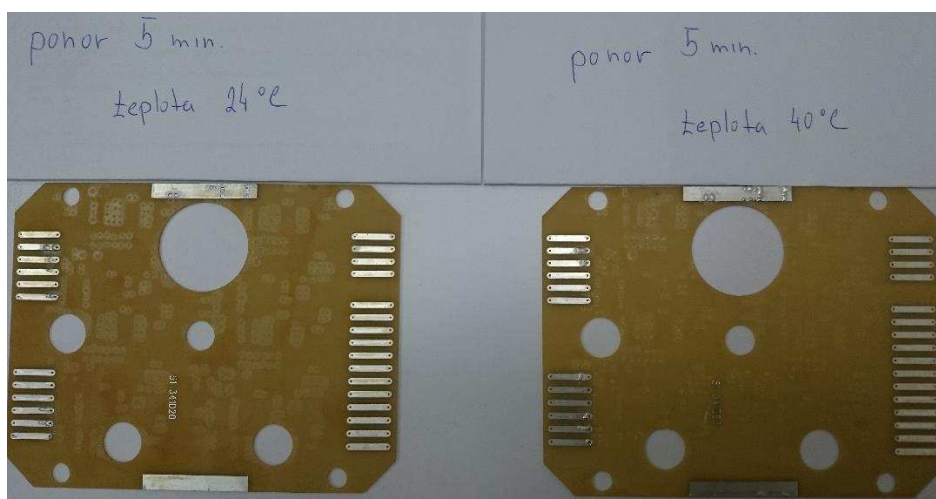
Obr. 23: Obrázek testovacích misek. Levá miska ohřáta na teplotu 40 °C

Pro test byly vybrány DPS, které měly srovnatelné množství tavidlových zbytků viz. obr. 24. Aby DPS měly podobné parametry při testu.



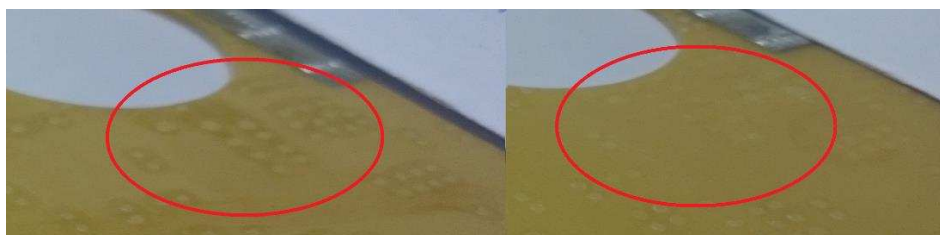
Obr. 24: DPS před testem v PROTONU

DPS byly ponořeny v miskách po dobu 5 min. Probíhalo srovnatelné kývání s miskami, aby docházelo k proudění PROTONU po povrchu DPS. Po uplynutí času byly již znatelné rozdíly mezi miskami a test byl ukončen. Rozdíl byl již viditelný a při mechanickém testu již docházelo k uvolňování tavidlových zbytků z povrchu DPS. Snímek DPS po testu v PROTONU je na obr. 25.



Obr. 25: DPS po testu PROTONU

Na obr. 26 je zvýrazněné stejné místo u DPS, které nebyla zahřáta i DPS která byla zahřáta. Na levé straně je DPS, která byla omývána v PROTONU při teplotě 24 °C. Na pravé straně je DPS, která byla omývána při teplotě 40 °C. Je patrný rozdíl množství tavidlových zbytků.



Obr. 26: Rozdíl omytých DPS při různých teplotách PROTONU

5.5 Konstrukce držáku DPS do pračky

Konstrukce držáku byla potřebná, aby bylo možno uchytit a umístit DPS do pračky. Díky uchycení DPS do tohoto držáku je minimalizované nebezpečí jejich poničení. Při konstrukci držáků byla zohledněna velikost DPS. Jelikož mohou být DPS osazeny součástkami, nebo konektory. Velikost konektorů může být rozdílná. Aby bylo docíleno univerzálnosti použití bylo potřeba udělat takové uchycení polic, které umožní výškové nastavení rozestupů mezi jednotlivými policemi. Z tohoto důvodu byl vyvinut držák na malé DPS. Pro držák velkých DPS byl použit držák DPS, který je používán k uchycení DPS při mezioperačním přesunu.

5.5.1 Držák pro malé DPS

Pro konstrukci bylo využito starých rámečků z pájecí vlny. Rámečky se zkrátily na požadované rozměry.

Držák se skládá z těchto částí:

- Hlavní rám držáku
- Jednotlivé rámečky

Hlavní rám držáku byl zkonstruován přesně na míru pro daný typ pračky. Držák vyplňuje celý vnitřní prostor pračky a ani ji nepřevyšuje. Při použití tohoto držáku je možné použít víko pro zavření pračky. Při zavření víka nebude docházet k případnému rozstříku čisticí kapaliny do okolí pračky. Čisticí kapalina se nebude při zvýšené teplotě stanovené výrobcem tolik odpařovat. Na spodní straně bude umístěna drátěná zábrana. Tato zábrana slouží k tomu, kdyby se uvolnila DPS z uchycení v rámečku, aby nedošlo k poškození DPS při kontaktu s vrtulí pračky. Na obou bočních stranách jsou ližiny pro jednotlivé rámečky. Vzdálenost mezi ližinami je možné měnit. Díky této možnosti mohou být čištěny DPS s vysokými součástkami nebo konektory. Na obr. 27 jsou zobrazeny jednotlivé strany hlavního rámu, nakonec i celý rám. Z obr. 27 jsou patrné ližiny na stranách. Levou i pravou stranu hlavního rámu spojuje čtveřice závitových tyčí. Závitové tyče jsou uchyceny pomocí závitů vytvořených v rozích na každé straně.



Obr. 27: Jednotlivé strany a hlavní rám

Jednotlivé rámečky znázorněné na obr. 28, byly zkonstruovány pro univerzální použití. Díky této konstrukci je možné do rámečku uchytit DPS o různé velikosti. Byly zkonstruovány tři rámečky. Dva rámečky mají přidáný prostřední držák se žlábkem. Tímto prostředním držákem je možné uchytit i menší DPS. Prostřední držák lze snadno

demontovat pro uchycení větších DPS. Poslední třetí rámeček není vybaven prostředním držákem. V případě potřeby je možné tento držák přidat.



Obr. 28: Jednotlivé rámečky

Všechny rámečky mají jednu stranu pevně fixovanou na okraji rámečku. Prostřední držák na rámečku je možné dotáhnout pomocí klíče. Druhá strana rámečku je vybavena křídlovými šrouby pro snadnější manipulaci při dotahování a fixaci v dané pozici.

Výhody systému jednotlivých polic:

- Jeden konec pevný a druhý pohyblivý se snadným dotažením je snížení časové náročnosti pro uchycení jednotlivých DPS do rámečku.
- Možnost nastavení rozdílných rozměrů mezi jednotlivými policemi, možnost čištění DPS s rozdílnými rozměry při čištění v pračce.
- Spodní police je přímo nad ochrannou mřížkou, může být použito menší množství čisticí kapaliny v pračce.
- Možnost nastavení rozdílných rozměrů mezi jednotlivými rámečky, možné současné mytí DPS s rozdílnými rozměry.

Nevýhody systému jednotlivých polic:

- Nutno nastavit rozteč jednotlivých polic, prodloužení času přípravy před čištěním.

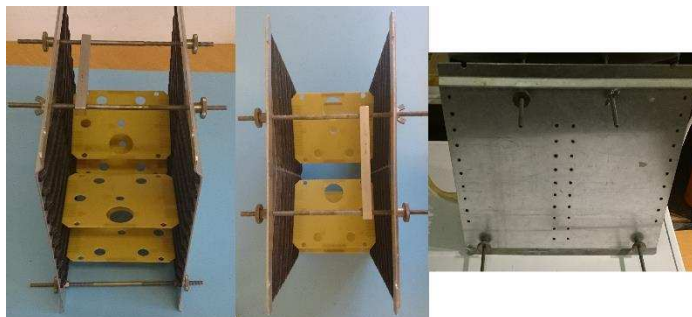
Na obr. 29 je znázorněno celkové sestavení sestavy hlavního rámu, rámečku s uchycenou DPS. Na obr. 29 je vidět spodní ochranné pletivo, které zamezí propadnutí DPS k vrtuli pračky.



Obr. 29: Hlavní rám s rámečkem a DPS

5.5.2 Držák pro velké DPS

Držák pro velké DPS - byl použit držák DPS, který slouží k uchycení DPS při mezioperační přepravě (manipulaci) DPS ve výrobním procesu. Na obr. 30 je zobrazen držák pro velké DPS s uchycenou DPS. Po stěnách se nachází ližiny pro uchycení DPS. Vnitřní rozměry se mění pomocí čtyř závitových tyčí. Pro snadnější změnu rozměrů držáku jsou závitové tyče vybaveny rýhovacími maticemi. Rýhovací matice usnadňují manipulaci při změně rozměrů držáku. Jedna rýhovací matice byla nahrazena křídlovou maticí pro snadné sledování polohy držáku. Při testu čištění je zapotřebí vědět přesné rozmístění jednotlivých desek. Pro vyhodnocení účinnosti čištění.



Obr. 30: Držák pro velké DPS s uchycenou DPS

Pro tento držák byl zkonstruován ochranný kryt obr. 31 vymezující prostor okolo vrtule, aby nedošlo ke kontaktu držáku s vrtulí pračky. Ochranný kryt byl zkonstruován se zbytků starých rámečků z pájecí vlny, které byly použity pro konstrukci držáku pro malé DPS. Na obr. 31 je ukázán i detail šroubů, na nichž je smršťovací bužírka. Smršťovací bužírka zabezpečí, aby při praní a případném pohybu nenarážely na vnitřní stranu pračky a nepoškodili ji.



Obr. 31: Ochranný kryt s detailem

Výhody držáku:

- Uchycení DPS s velkými rozměry.
- Nastaví se pouze rozestup stěn a je možno již vkládat všechny DPS.

Nevýhody držáku:

- Stěny jsou pevné, pro lepší proudění bude potřeba udělat do stěn otvory.
- Možnost využití pouze pro DPS se stejnými rozměry.
- Větší výška nad vrtulí pračky, potřeba více čisticí kapaliny v pračce.

6 TEST VLASTNÍ MYČKY DPS PRO MALOSÉRIOVOU VÝROBU

6.1 Testování PROTONU v pračce

Po nalití PROTONU do pračky vše probíhalo podle předpokladu. Pračka ohřívala PROTON i proudění bylo dostačující. PROTON je potřeba po mycím procesu a po zchlazení z mycí teploty 50 °C na teplotu okolí vyčerpat z pračky. Protože dlouhodobé působení PROTONU na těsnění pračky těsnění vysušuje. Může dojít k úniku PROTONU okolo těsnění vrtule mimo pračku. Po odčerpání PROTONU je zamezeno tomu, aby PROTON vysušil těsnění. Díky tomuto vypouštění se lépe sleduje kvalita PROTONU. Při vypuštění PROTONU do kanystru dojde k sednutí nečistot na dno. Při opětovném naplnění pračky, tento znečištěný zbytek zůstává v kanystru. Náplň PROTONU v pračce je čistá bez sedlin, nebo nečistot z předchozího čištění.

6.2 Testy iontoměničů

Před testem byla nádrž naplněna 50 % objemu deionizované vody a 50 % objemu izopropylalkohol. Celkový využitý objem nádrží na oplachovou kapalinu činil 15 l směsi v poměru 1:1.

6.2.1 První test účinnosti iontoměničů

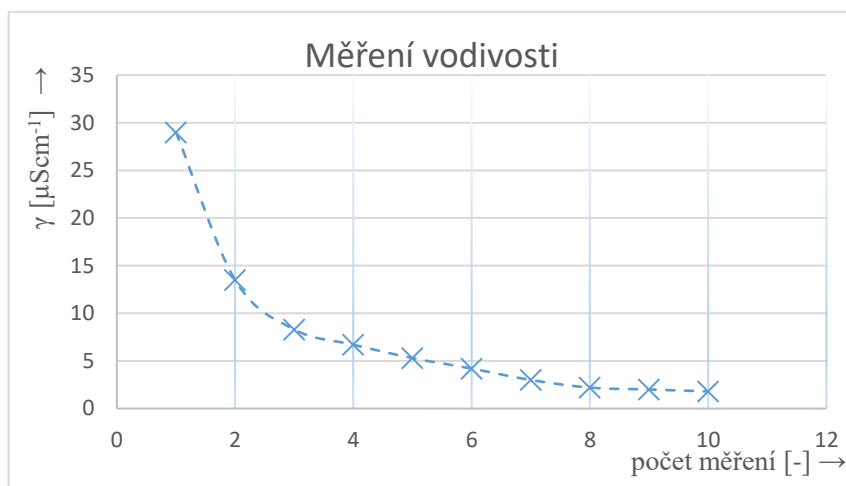
Test probíhal načerpáním oplachové kapaliny domácí vodárnou a zpětného vypuštění zásobníku domácí vodárny do soustavy nádrží pro finální oplach. Domácí vodárna byla vypouštěna pomocí vypouštěcího ventilu umístěného na sání domácí vodárny. Druhý konec hadičky byl zasunut do 10 l kanystru, kde je umístěna výpusť z myčky na nádobí. Čerpaná oplachová kapalina zaplňovala první filtrační část soustavy nádrží pro finální oplach. Zde docházelo k samovolnému protékání přes filtrační vložku s jemností 5 µm. Tato jemnost zabezpečuje zamezení vniknutí hrubých nečistot do oplachové kapaliny. Po protečení oplachové kapaliny filtrační vložkou vteče do válce, kde je anex, katex a aktivní uhlí. Jakmile dojde k průchodu oplachové kapaliny válcem, oplachová kapalina vteče do posledního 25 l kanystru, kde je nasávána domácí vodárnou.

Pro měření byl využit CONDUCTOMETER RADELKIS TYPE OK-104. Bylo provedeno deset měření vodivosti. Měření bylo prováděno po každém třetím načerpání a natlakování domácí vodárny. V tab. 1 jsou uvedeny změřená data.

Tab. 1: Změřená data vodivosti oplachové kapaliny finálního oplachu

Pořadové číslo měření	Změřená vodivost [μScm^{-1}]
1.	29,0
2.	13,5
3.	8,3
4.	6,7
5.	5,3
6.	4,2
7.	3,0
8.	2,2
9.	2,0
10.	1,8

Grafické zobrazení naměřených hodnot je na obr. 32.



Obr. 32: Grafické znázornění naměřených hodnot

Ze změřených výsledků je patrné, že iontoměniče fungují a regenerují oplachovou kapalinu pro finální oplach. Vodivost oplachové kapaliny průchodem iontoměniči klesá. Tímto testem byla ověřena funkčnost navrženého filtračního systému.

Při naplnění celého 10 l kanystru docházelo k pomalému protékání oplachové kapaliny touto filtrací. Bylo potřeba zvýšit rychlost čištění. Hlavním požadavkem pro zvýšení rychlosti čištění je, že zvýšení rychlosti nesmí mít vliv na kvalitu čištění.

6.2.2 Zvětšení čistící kapacity iontoměničů

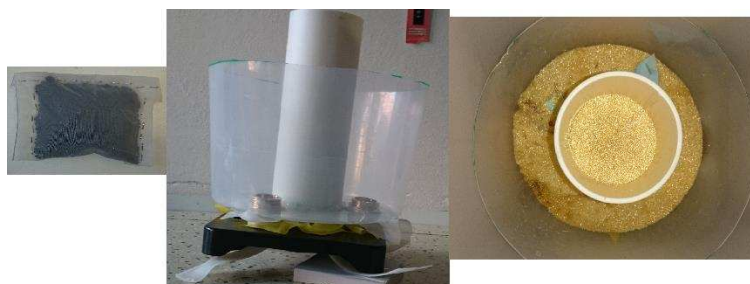
Pro zvýšení čistící kapacity byla odebrána ucpávka na horní straně filtru. Ucpávka zabráňovala protékáním vnitřní částí filtru bez filtrace. Aby bylo zamezeno vniknutí nečistot do nádrže pro finální oplach. Do zátky byly udělány tři otvory a mezi filtr a zátku byla vložena bezvláknitá utěrka. Na obr. 33 je znázorněno provedení. Ucpávka je vložena ze spodní části filtru.



Obr. 33: Ucpávka s otvory a bezvláknitou utěrkou

Přepad zvyšuje rychlost průchodu oplachové kapaliny přes filtr. Při zvýšení hladiny nad 6 l v 10 l kanystru. Zde se nachází horní část filtrační vložky, dochází již k protékání vnitřní částí přes bezvláknitou utěrku.

Zvýšením průtoku oplachové kapaliny přes filtraci bylo potřeba zvýšit čistící kapacitu iontoměničů. Zvýšením průtokem dojde k přetečení vnitřního válce s anexem, katexem a aktivním uhlím. Aby bylo zabráněno vyplavení iontoměničů z válce na vršek byla přidána tkanina polymon 54T. Po přetečení válce oplachovou kapalinou je zachytávána do kbelíku o objemu 7 l, který byl přidán okolo vnitřního válce. Do kbelíku byl udělán hlavní otvor, aby bylo možné nasadit tento kbelík na válec. Další dva otvory zabezpečují odtok již vyčištěné oplachové kapaliny do hlavního zásobníku. Oba otvory byly překryty tkaninou polymon 54T, na ni byly vloženy naplněné sáčky s aktivním uhlím a celé dno bylo zasypáno směsí anex, katex. Na obr. 34 je zobrazen kbelík, který byl přidán okolo vnitřního válce, na dně kbelíku je anex, katex. Aktivní uhlí je uloženo v sáčkách. Sáček s aktivním uhlím je zobrazen v levé části obr. 34.



Obr. 34: Zleva: sáček aktivního uhlí, nasunutý kbelík, pohled shora

6.2.3 Druhý test účinnosti iontoměničů

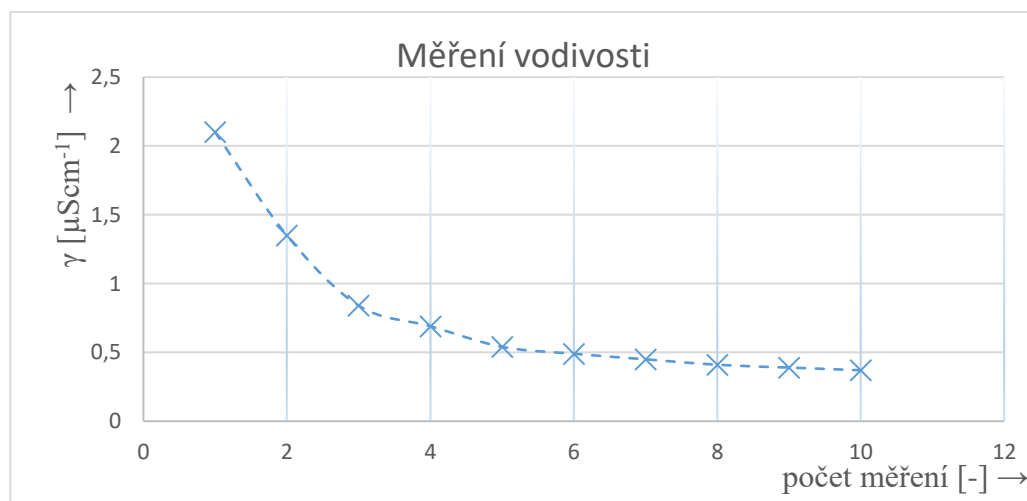
Před zahájením testu byla změřena vodivost. Vodivost byla větší, než konečná hodnota z minulého měření. Zvýšení vodivosti bylo způsobeno nádrží domácí vodárny. Nádrž je vyrobena z kovu. Když je oplachová kapalina delší dobu v nádrži, reaguje se stěnami nádrže, tím se zvyšuje vodivost oplachové kapaliny.

Druhý test probíhal stejně jako první. Domácí vodárna po napuštění byla vypuštěna zpět do uzavřeného systému a opětovně naplněna. Pro měření byl využit CONDUCTOMETER RADELKIS TYPE OK-104. Bylo provedeno deset měření vodivosti. Měření bylo prováděno po každém třetím načerpání a natlakování domácí vodárny. Všechny hodnoty z měření jsou uvedeny v tabulce tab. 2.

Tab. 2: Naměřené hodnoty druhého testu účinnosti iontoměníčů

Pořadové číslo měření	Změřená vodivost [μScm^{-1}]
1.	2,10
2.	1,35
3.	0,84
4.	0,69
5.	0,54
6.	0,49
7.	0,45
8.	0,41
9.	0,39
10.	0,37

Grafické vyobrazení hodnot účinnosti iontoměníčů je na obrázku obr. 35.



Obr. 35: Grafické zobrazení naměřených hodnot

Podle výsledku z testu iontoměníčů vyplývá, že navržený systém funguje ještě lépe než při prvním testu. Rychlost protékání oplachové kapaliny přes filtraci byla dostatečná pro více čistících cyklů za sebou. Z prvního měření, kde výsledná hodnota vodivosti nebyla příliš příznivá, bylo to $1,8 \mu\text{Scm}^{-1}$. Iontoměníče hodnotu vodivosti snížily až na konečných $0,37 \mu\text{Scm}^{-1}$.

7 ČIŠTĚNÍ PRODUKČNÍCH DPS

Pro čištění byly vybrány desky z produkce firmy SMTplus.CZ. Pro čištění bylo vybráno třináct DPS. Čištění bylo rozděleno do dvou částí.

7.1 První čištění DPS a měření ionizovatelných nečistot

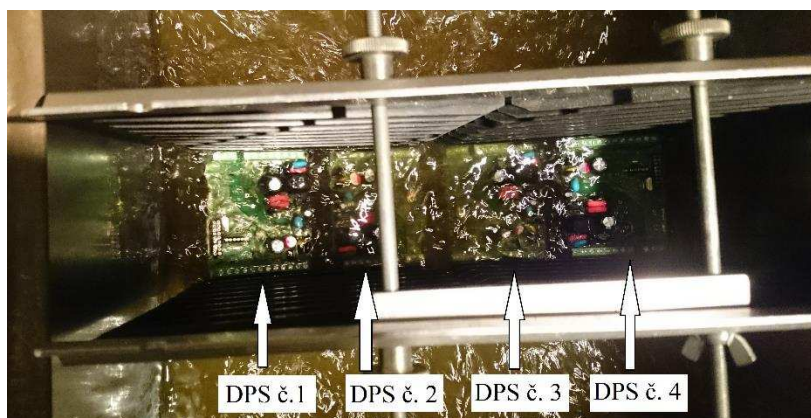
Při prvním čištění byl zvolen držák pro velké DPS, aby se při čištění otestovala čistící schopnost PROTONU v držáku který má pevné stěny.

Čištění DPS probíhalo podle technologického postupu, který byl zhotoven pro danou myčku DPS. Do držáku velkých DPS byly umístěny čtyři DPS. Uchycení DPS je znázorněno na obr. 36.



Obr. 36: Uchycení čtyř DPS do držáku

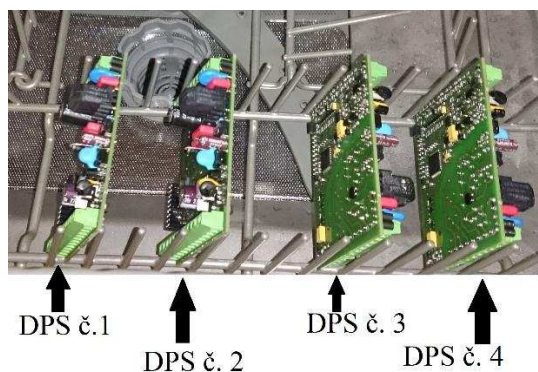
Pračka byla naplněna 10 l PROTONU. PROTON byl zahřát podle pokynů výrobce na teplotu 50 °C. Výrobce doporučuje procesní teplotu od 35 – 55 °C. Jakmile byla pračka zahřátá na požadovanou procesní teplotu, byl vložen držák se čtyřmi DPS do pračky na 20 min. Na obr. 37 je ukázáno proudění PROTONU po DPS.



Obr. 37: Proudění PROTONU v pračce s označením DPS

Při proudění je na obr. 37 vidět, že na krajních DPS je proudění intenzivnější než u DPS uprostřed. Pomocí označení je možné lépe hodnotit čištění během celého procesu.

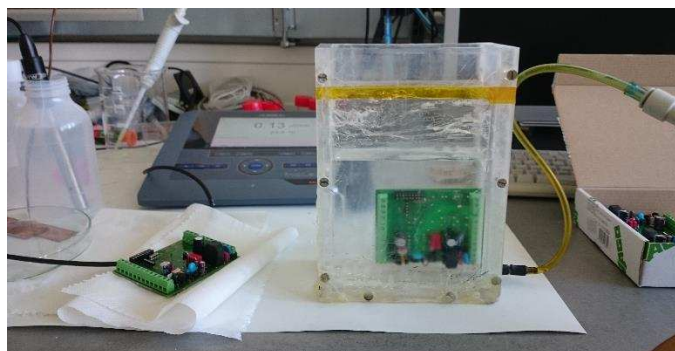
Po uplynutí 20 min. byly DPS vyndány z pračky, ofoukány stlačeným vzduchem. Po ofuku byly jednotlivě namáčeny v oplachovacích nádržích. Poprvé v nádrži s použitým izopropylalkoholem pak v nádrži ve směsi 50 % objemu použitého izopropylalkoholem a 50 % objemu deionizované vody. Nakonec v nádrži s koncentrací 50 % objemu izopropylalkoholu a 50 % objemu deionizované vody. Po sérii oplachu byly vloženy DPS do spodního koše myčky na nádobí. Vodivost finálního oplachu byla před začátkem mytí $0,64 \mu\text{Scm}^{-1}$. Obr. 38 ukazuje rozmístění jednotlivých DPS ve spodním koši myčky na nádobí.



Obr. 38: Umístění DPS ve spodním koši myčky na nádobí

Po vložení DPS do myčky na nádobí byla zapnuta. Byl zvolen program, který trvá 20 min., spotřeba oplachové kapaliny je 7,2 l, oplachová kapalina je zahřáta na teplotu 40°C . Když byl vybraný program po stanoveném čase ukončen, desky byly zabaleny a převezeny k otestování.

Testovalo se zjednodušenou metodou ROSE. Jedná se o statickou metodu. Měřicí nádoba byla naplněna kapalinou, které se skládala ze 75 % objemu izopropylalkoholu a 25 % objemu deionizované vody. Kapalina se 5 min. nechala probublávat dusíkem. Po této době byla změřena vodivost. Byla vložena DPS a dalších 15 min. se probublávala dusíkem. Když čas uplynul, byla změřena vodivost kapaliny. Na obr. 39 je testování DPS zjednodušenou metodou ROSE.



Obr. 39: Testování DPS zjednodušenou metodou ROSE

Výsledky naměřených a vypočtených hodnot jsou uvedeny v tab. 3.

Tab. 3: Naměřené a vypočtené hodnoty prvního měření

Měřená DPS	γ_0 [μScm^{-1}]	γ_1 [μScm^{-1}]	V [cm^3]	S [cm^2]	Z _{ps} [$\mu\text{gNaClcm}^{-2}$]
DPS č. 1	0,10	0,23	420	118,32	1,04
DPS č. 2	0,09	0,20	490	118,32	1,02
DPS č. 3	0,10	0,25	450	118,32	1,28
DPS č. 4	0,09	0,24	460	118,32	1,31

Při měření byla teplota změřena konduktometrem Inolab-IDS-Multi 9420 na hodnotu 23,7 °C. Pro tuto hodnotu směrnice vodivosti je 0,445 $\mu\text{Scm}^2/\mu\text{gNaCl}$.

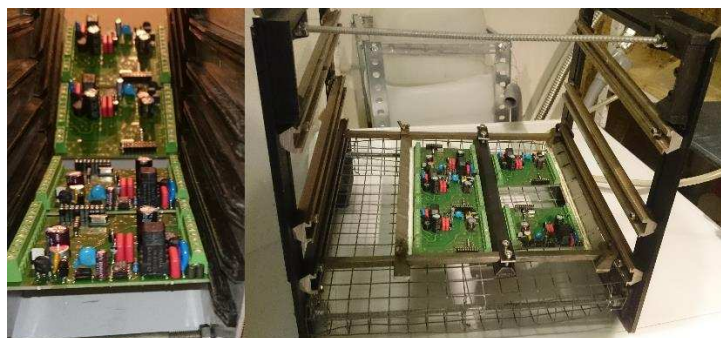
Příklad výpočtu Z_{ps}:

$$Z_{\text{ps}} = \frac{(\gamma_1 - \gamma_0) \cdot V}{S \cdot k_{23,7}} = \frac{(0,23 - 0,10) \cdot 420}{118,32 \cdot 0,445} = \underline{\underline{1,04 \mu\text{gNaClcm}^{-2}}}$$

Doporučený limit pro tuto metodu je 1,56 $\mu\text{gNaClcm}^{-2}$. [6] Všechny měřené DPS se dostaly pod doporučený limit.

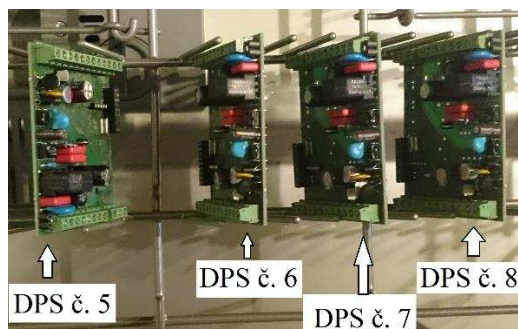
7.2 Druhé čištění DPS a měření ionizovatelných nečistot

Při druhém testu bylo zkoušeno více mycích cyklů za sebou. Pro test bylo zvoleno devět DPS. V tomto druhém testu byly využity oba držáky DPS. V držáku pro velké DPS se čistily čtyři DPS, v držáku pro malé DPS byly využity jeden rámeček, kde bylo uchyceno pět DPS. Na obr. 40 je uchycení DPS v obou držácích.



Obr. 40: Uchycení DPS v obou držácích

Jakmile byla pračka ohřata na procesní teplotu 50 °C, byl vložen první držák do pračky na dobu 20 min.. První vkládaný držák byl držák na velké DPS. Po uplynutí této doby byl z pračky vyndán, položen na pračku pro okapání a jednotlivé desky byly postupně ofouknuty stlačeným vzduchem. Postupně opláchnuty v mezioplacích a vloženy jednotlivě do myčky na nádobí obr. 41.



Obr. 41: Uspořádání DPS v myčce

DPS byly vloženy do myčky na nádoby a myčka byla zapnuta. Byl zvolen program, který trvá 20 min., spotřeba oplachové kapaliny je 7,2 l, oplachová kapalina je zahřátá na teplotu 40 °C. Počáteční vodivost oplachové kapaliny v systému byla $0,55 \mu\text{Scm}^{-1}$.

Po zapnutí myčky byl z pračky vytažen ochranný kryt, který se používá pouze pro držák na velké DPS. Ochranný kryt má již v sobě zabudován držák pro malé DPS na spodní straně. Až byl PROTON v pračce dohřát na procesní teplotu 50 °C. Do pračky byl umístěn držák pro malé DPS. Obr. 42 ukazuje proudění PROTONU okolo vložených DPS.



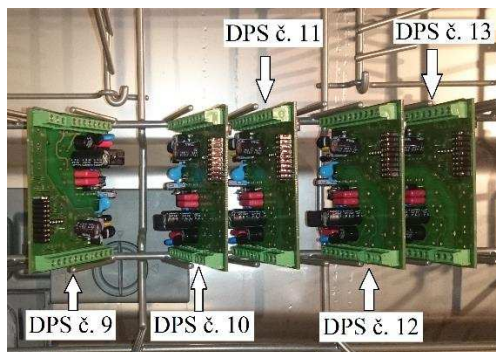
Obr. 42: Proudění PROTONU

Z obr. 42 je patrné, že proudění PROTONU je intenzivnější než při použití držáku pro velké DPS. Po uplynutí 20 min. byly DPS vyndány z myčky a zabaleny pro přepravu. Chvilí po této době již uplynul čas pro pračku. Rám pro malé DPS byl vytažen a položen na pračku pro okapání přebytečného PROTONU. Po okapání byl vytažen celý rám s DPS a bylo ofukováno stlačeným vzduchem všech pět DPS. Obr. 43 ukazuje DPS po ofuku v rámečku.



Obr. 43: Pět DPS po ofuku v rámečku

Výhoda rámečku spočívá v tom, že ofukovat se nemusí po jednotlivých DPS. Díky uchycení a možnosti vytažením rámečku, ofuku všech uchycených DPS, oplachu všech DPS v jednotlivých oplachovacích nádržích je manipulace jednodušší. Po oplachu byly jednotlivé DPS vyndány z rámečku a uloženy do myčky na nádobí. Na obr. 44 je zobrazeno uložení pěti DPS ve spodním koši myčky na nádobí a číselné označení jednotlivých DPS.



Obr. 44: Uložení pěti DPS v myčce

Před začátkem oplachu v myčce na nádobí byla upraveno složení oplachové kapaliny v uzavřeném systému. Nové složení oplachové kapaliny je 25 % izopropylalkoholu a 75 % deionizované vody. Hlavním důvodem snížení je zvětšení bezpečnosti při procesu mytí v myčce na nádobí. Snížením koncentrace se minimalizuje/odstraní riziko vzniku požáru i koncentrace uvolněných par izopropylalkoholu uvolněných po otevření myčky na nádobí. Po otevření nejsou tak koncentrované jak při 50 % koncentraci izopropylalkoholu. Počáteční vodivost změřená před zapnutím myčky na nádobí byla $0,43 \mu\text{Scm}^{-1}$. Byl zvolen program, který trvá 20 min., spotřeba oplachové kapaliny je 7,2 l, oplachová kapalina je zahřáta na teplotu 40°C . Po uplynutí doby byly desky vyndány, zabaleny a převezeny k otestování.

Testovalo se zjednodušenou metodou ROSE. Postupovalo se stejně jako při prvním čištění DPS. Jen testování bylo zrychleno tím, že se měřily dvě DPS současně. Výsledky naměřených a vypočtených hodnot jsou uvedeny v tab. 4.

Tab. 4: Naměřené a vypočtené hodnoty druhého měření

Měřená DPS	$\gamma_0 [\mu\text{Scm}^{-1}]$	$\gamma_1 [\mu\text{Scm}^{-1}]$	V [cm ³]	S [cm ²]	Z _{ps} [$\mu\text{gNaClcm}^{-2}$]
DPS č. 5 DPS č. 6	0,08	0,28	620	236,64	1,18
DPS č. 7 DPS č. 8	0,08	0,28	560	236,64	1,06
DPS č. 9 DPS č. 10	0,09	0,30	590	236,64	1,18
DPS č. 11 DPS č. 12	0,09	0,36	540	236,64	1,38
DPS č. 13	0,09	0,21	460	118,32	1,05

Při měření byla teplota změřena konduktometrem Inolab-IDS-Multi 9420 na hodnotu 23,7 °C. Pro tuto hodnotu směrnice vodivosti je 0,445 $\mu\text{Scm}^2/\mu\text{gNaCl}$.

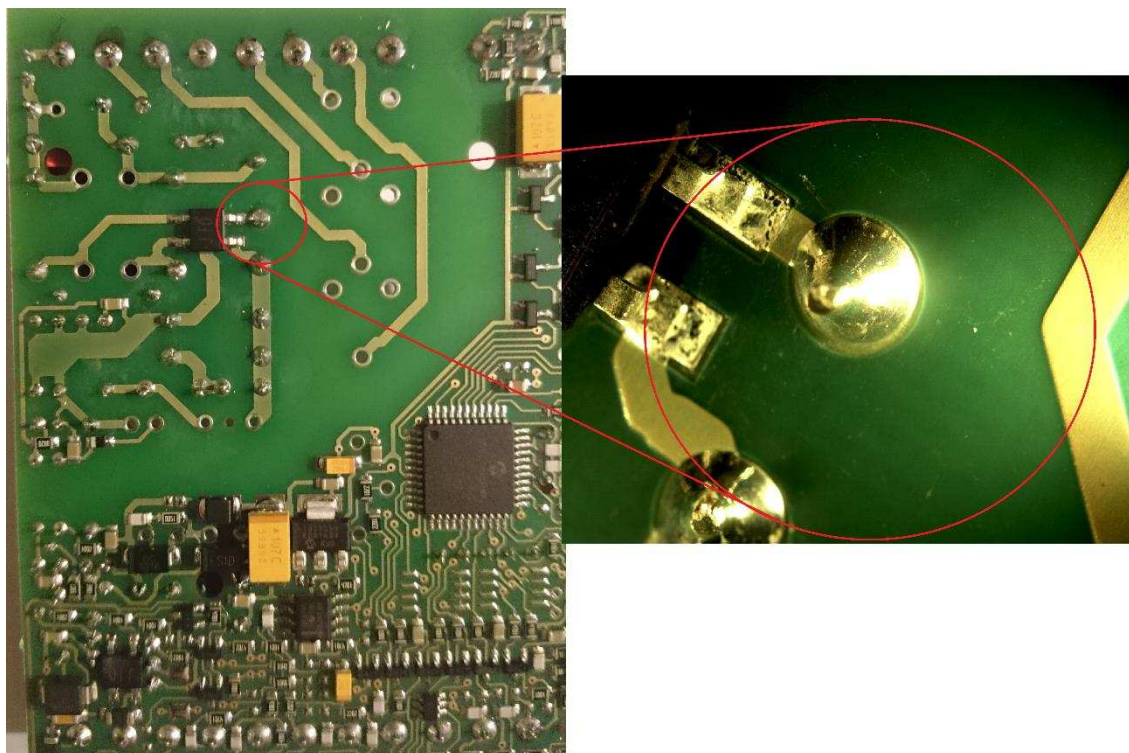
Příklad výpočtu Z_{ps} :

$$Z_{\text{ps}} = \frac{(\gamma_1 - \gamma_0) \cdot V}{S \cdot k_{23,7}} = \frac{(0,28 - 0,08) \cdot 620}{236,64 \cdot 0,445} = \underline{\underline{1,18 \mu\text{gNaClcm}^{-2}}}$$

Doporučený limit pro tuto metodu je 1,56 $\mu\text{gNaClcm}^{-2}$. [6] Všechny měřené DPS se dostaly pod doporučený limit.

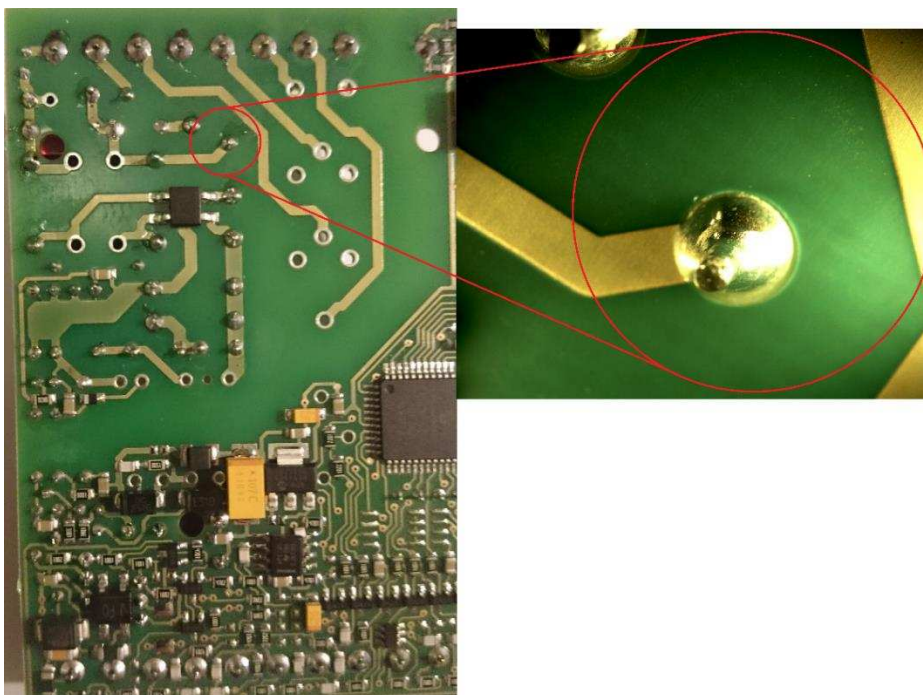
7.3 Porovnání vzhledu DPS před i po čištění

Vzhled se porovnával s DPS které ještě nebyly očištěny. Po vyčištění byla stejná DPS znovu vyfoceno pomocí optického mikroskopu. Na obr. 45 v levé části je zobrazena ještě nevyčištěná DPS. Jedná se o DPS č. 2, která byla čištěna při prvním čištění. Ve zvětšeném detailu jsou patrné zbytky tavidla, které se nacházely před čištěním. Tyto zbytky byly čištěním odstraněny.



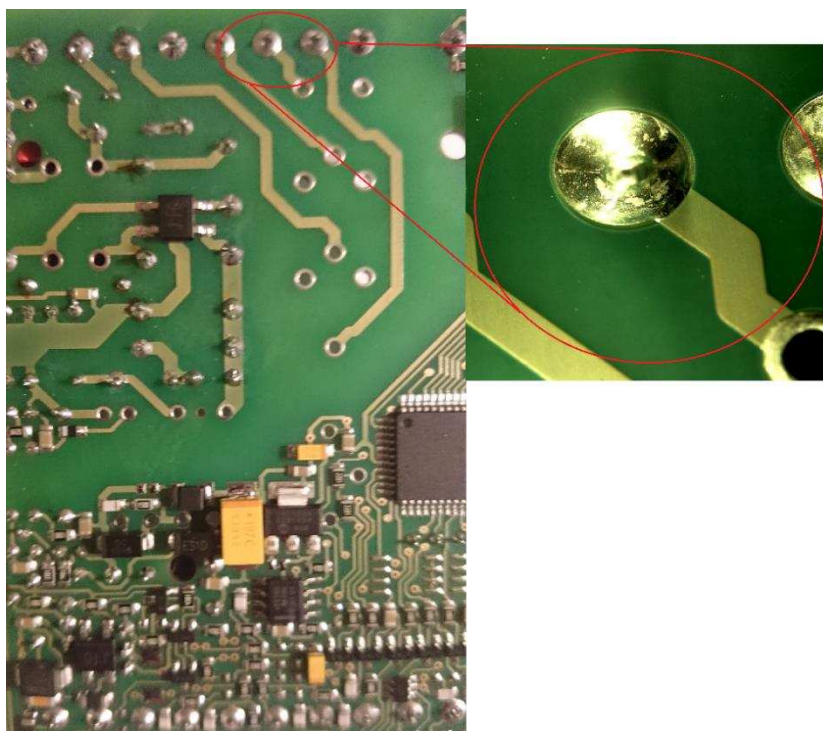
Obr. 45: Porovnání nevyčištěné DPS č. 2 s detailem po vyčištění

Obr. 46 pochází z dalšího čištění DPS, zde je zobrazena DPS č. 7. Na levé straně je zobrazena nečištěná DPS a na pravé straně detail vyčištění.



Obr. 46: Porovnání nevyčištěné DPS č. 7 s detailem po vyčištění

Na obr. 47 je zobrazena poslední DPS, která byla vyčištěna. Jedná se o DPS č. 13 z posledního čistícího cyklu.



Obr. 47: Porovnání nevyčištěné DPS č. 13 s detailem po vyčištění

8 TECHNOLOGICKÝ POSTUP

Na obr. 48 je zobrazeno rozmístění celé sestavy již na místě používání. Celý technologický postup pro používání domácí vodárny je uveden pod obr. 48.



Obr. 48: Rozmístění celé sestavy

Před začátkem používání je zapotřebí regenerovat oplachovou kapalinu v nádrži domácí vodárny. Při delším nepoužívání oplachová kapalina reaguje se stěnami kovové nádrže, zvyšuje se vodivost oplachové kapaliny. Je zapotřebí celou nádrž vypustit zpět do nádrže pro finální oplach. Vypouštění se provádí pomocí hadičky. Jeden konec hadičky je zasunut do vypouštěcího ventilu, druhý musí být zasunut do 10 l kanystru vedle odpadu z myčky na nádobí. Zpětné naplnění probíhá automaticky, po snížení tlaku v domácí vodárně, dojde k sepnutí a znovu natlakování. Jakmile sepne domácí vodárna je zapotřebí ventil uzavřít, aby nedošlo k přísávání z 10 l kanystru. Vypouštění se provádí minimálně třikrát. Během těchto třech vypouštěcích cyklů je zabezpečeno dostatečné propláchnutí nádrže domácí vodárny a snížení vodivosti oplachové kapaliny.

Po delším nepoužívání, je potřeba propláchnout i myčku na nádobí. Propláchnutí myčky je zapotřebí udělat až po provedení regenerace nádrže v domácí vodárně. Pro průplach myčky na nádobí stačí zapnout myčku na nádobí na dobu 15 min. bez ohřevu a spotřeba oplachové kapaliny jsou 4 l.

Jakmile je provedena regenerace nádrže v domácí vodárně a propláchnutá myčka na nádobí. Může se přikročit k nalití PROTONU do pračky. PROTON je umístěn v označeném kanystru vedle pračky. Po nalití se zapne ohřev v pračce. Teplotu PROTONU ukazuje teploměr umístěný na čele pračky. Jakmile je PROTON zahřát na teplotu pro mytí 50 °C může být vložen držák DPS do pračky. Délka mycího cyklu je 20 min., po vložení držáku se zapne vrtule pračky a uzavře horním krytem. Průběžně se sleduje teplota, když je potřeba a teplota na teploměru poklesne, zapne se ohřev. Po uplynutí doby mytí je držák vytažen, opřen o horní část pračky pro okapání PROTONU z povrchu DPS.

K začátku ofuku a oplachu je zapotřebí vše připravit. Připravit ofukovací pistolí, nádrž pod ofukovanou DPS, sundání vík z oplachovacích nádrží a doplnění nádrže použitým izopropylalkoholem. Ten se doplňuje těsně před použitím, protože je to nejnebezpečnější používaná kapalina v celém systému. Izopropylalkohol je vysoce

hořlavý. Po naplnění první oplachovací nádrže se již otevře myčka na nádobí, aby bylo možno DPS rovnou ukládat na spodní koš myčky. Jednotlivé DPS nebo celý rámeček se ofukuje nad ofukovací nádrží. Po ofuku se jednotlivé DPS nebo celý rámeček opakovaně ponoří do oplachovacích nádrží. V první nádrži je použitý izopropylalkohol ten, je postupně kontaminován PROTONEM, který nebyl odstraněn ofukem. Druhá nádrž v pořadí je naplněna směsí použitého izopropylalkoholu 50 % objemu a 50 % objemu deionizované vody. Ve třetí a poslední oplachové nádrži je použit čistý izopropylalkohol 50 % objemu a 50 % objemu deionizované vody. Po opláchnutí ve všech oplachovacích nádržích je DPS vložena do myčky na nádobí. Nejlepší program pro mytí je v délce 20 min., teplota při mytí je 40 °C a je spotřebováno 7,2 l oplachové kapaliny. Po ukončení mycího programu je potřebné otevřít dveře od myčky na nádobí a nechat myčku chvíli vyvětrat. Protože výpary z izopropylalkoholu po mytí dráždí oči a sliznici. Po krátké pauze může dojít k vytažení umytých DPS.

Když jsou všechny DPS umyty, musí se vyprázdnit nádrž s použitým izopropylalkoholem a na zbylé dvě nádrže přiklopit víka. Po vychladnutí PROTONU v pračce je zapotřebí PROTON odčerpat z pračky zpět do kanystru. Kdyby zůstal delší dobu v pračce, mohlo by dojít k vysušení těsnění okolo vrtule pračky a k úniku PROTONU pod pračku. Pod pračkou a oplachovacími nádržemi je umístěna nerezová vana, která případné úniky zachytí.

Nutno dodržovat zásady bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, používat ochranné pomůcky, respektovat bezpečnostní listy použitých kapalin. Dbát na zvýšené riziko požárního nebezpečí. Kontrolovat umístění výstražných a bezpečnostních tabulek.

Přehled jednotlivých operací je v tab. 5 pro větší přehlednost technologického postupu.

Tab. 5: Přehled jednotlivých operací

Pořadové číslo operace	Název operace	Postup	Pracovní teplota, typ náplně, typ programu	Poznámka
1.	Regenerace oplachové kapaliny v nádrži domácí vodárny.	Třikrát naplnění domácí vodárny, opětovné vypuštění do nádrže pro finální oplach.	Teplota okolí, 75 % deionizovaná voda 25 % izopropylalkohol.	Provádět při nepoužívání zařízení minimálně 5 dní.
2.	Průplach myčky na nádobí.	Jeden průplach se zvoleným programem.	Bez ohřevu, délka programu 15 min., spotřeba 4 l oplachové kapaliny.	Provádět při nepoužívání zařízení minimálně 5 dní.
3.	Mytí v pračce.	Vložení držáku DPS do pračky.	Teplota 50 °C, náplň PROTON, doba 20 min.	Nalít PROTONU před zahájením mytí, po vychladnutí odčerpat.
4.	Ofuk DPS.	Ofukovací pistolí odstranění zbytků PROTONU.	Teplota okolí.	Pod DPS musí být nádrž pro ofuk.

5.	První oplach.	Opakovaný ponor DPS do lázně.	Teplota okolí, objem 15 l, 100 % objemu použitý izopropylalkohol.	Plnit před použitím, po použití nalít zpět do kanystru.
6.	Druhý oplach.	Opakovaný ponor DPS do lázně.	Teplota okolí, objem 15 l, 50 % objemu použitý izopropylalkohol, 50 % objemu deionizovaná voda.	Před použitím sundání víka, po použití vrácení víka.
7.	Třetí oplach.	Opakovaný ponor DPS do lázně.	Teplota okolí, objem 15 l, 50 % objemu izopropylalkohol, 50 % objemu deionizovaná voda.	Před použitím sundání víka, po použití vrácení víka.
8.	Finální oplach.	Vložení DPS do myčky na nádobí.	Teplota 40 °C, délka programu 20 min., spotřeba 7,2 l opachové kapaliny.	Po ukončení programu, otevření myčky a nechat ji chvíli odvětrat.

9 ZÁVĚR

Bakalářská práce udává nový pohled na čištění DPS. Možnosti využití běžně přístupných komponentů k tomu, aby bylo možno čistit DPS od tavidlových zbytků. Tímto je docíleno menších nákladů na pořízení mycího zařízení, které se vyrábí průmyslově.

Při testu funkčnosti sestavy bylo odzkoušeno propojení jednotlivých komponentů v celé sestavě. Myčka na nádobí byla odzkoušena při napojení na uzavřený okruh. V tomto propojení fungovala bez sebemenších potíží.

Byl proveden jednoduchý srovnávací test mycí účinnosti DECOTRONU a PROTONU. Byly testovány DPS s podobným množstvím tavidlových zbytků. Čistící schopnost DECOTRONU, které bylo při testu dosaženo, nenaplnila očekávání. Čistící kapalina PROTON byla testována stejným způsobem, v těchto testech prokázala znatelně lepší čistící účinky při teplotě 40 °C na rozdíl od teploty okolí při 24 °C.

PROTON byl zvolen jako čistící kapalina do pračky díky svým čistícím účinkům. Osvědčil se již dříve ve firmě SMTplus.CZ při čištění osazených DPS. Po ukončení čištění a zchlazení je zapotřebí ho vyčerpat z pračky, aby nedošlo k vysušení těsnění v okolí vrtule a tím k úniku.

Celý systém plně dostačuje k očištění produkčních DPS. V pračce dojde k umytí DPS v PROTONU. Ofukovací nádrž po umytí pojme veškeré množství zbytku PROTONU, které zůstalo na DPS. K ofuku se používá stlačený vzduch. Zavedení tří oplachovacích nádrží, zamezí vniku možných zbytků PROTONU do finálního oplachu v soustavě nádrží pro myčku na nádobí. První oplachovací nádrž s použitým izopropylalkoholem, tento izopropylalkohol byl již použit v minulosti pro oplach DPS při ručním mytí. V první nádrži jsou odstraněny případné zbytky PROTONU. Druhá nádrž je naplněna směsí použitého izopropylalkoholu 50 % objemu a 50 % objemu deionizované vody. Poslední třetí nádrž je naplněna izopropylalkoholem a deionizovanou vodou ve stejném poměru jak ve druhé nádrži.

Pro finální oplach je použita myčka na nádobí. V nádrži pro finální oplach je 15 l oplachové kapaliny ve směsi 25 % objemu izopropylalkoholu a 75 % objemu deionizované vody. Složení je v takovém poměru, aby byla zabezpečena nehořlavost oplachové kapaliny při sušení v myčce na nádobí.

Bakalářská práce prokázala vhodnost použití celé sestavy. Po mytí produkčních DPS, bylo pomocí zkrácené metody ROSE zkontrolováno umytí DPS. Zkrácená metoda ROSE prokázala funkčnost mytí. Všech třináct DPS, které byly použity pro test ionizovatelných nečistot, byly změřeny a hodnoty se pohybovaly pod doporučeným limitem pro tuto metodu a to 1,56 $\mu\text{gNaCl}/\text{cm}^2$.

Návrhy na zlepšení myčky DPS a doplnění technologického postupu:

- Pro zvýšení účinnosti mycího procesu v pračce by bylo vhodné zvážit použití probublávání stlačeným vzduchem.
- Zapojení ofukových trysek v ofukovací nádrži pro jednodušší ofuk DPS. Ofukovací nádrž bude přímo zapojena do soustavy stlačeného vzduchu.
- Odzkoušení prvního oplachu s koncentrací 50 % objemu izopropylalkoholu a 50 % objemu deionizované vody z důvodu zvýšení ekologičnosti i požární ochrany.

- Předpokládá se dále testování se zvýšením vodivosti oplachové kapaliny v myčce na nádobí na hodnotu $1 - 5 \mu\text{Scm}^{-1}$. Tato změna by měla vyhovovat mezní kontaminaci DPS a je vhodná pro součástky náchylné na ESD.
- Dále bude potřeba dořešit mezní limity pro výměnu čistících a oplachových kapalin z hlediska vodivosti i pH a doplnit metodikou průběžného sledování doplněného do technologického postupu.

LITERATURA

- [1] Resistors SMD. In: <https://grabcad.com> [online]. Eindhoven, Netherlands, 2016 [cit. 2016-12-04]. Dostupné z: <https://grabcad.com/library/resistors-smd>
- [2] STARÝ, J., ZATLOUKAL, M., *Montážní a propojovací technologie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, FEKT, Brno, 2015, 272s.
- [3] SZENDIUCH, I., SOMER, J., VALA, R., ADÁMEK, M., BURŠÍK, M., HEJÁTKOVÁ, E., OTÁHAL, A., PSOTA, B., ŘEZNÍČEK, M., ŘÍHÁK, P., SKÁCEL, J., *Moderní mikroelektronické technologie - základ elektronického hardware*. 1. Brno: Vysoké učení technické v Brně, FEKT, 2015. 188s. ISBN: 978-80-214-5293-0.
- [4] DUCHI, P. J., LAÜGT, A.M., VERDIER, M., a ABIDH, G., *Problematika čištění DPS*. In: DPS Elektronika od A do Z [online]. Inventec Performance Chemicals, 2014 [cit. 2016-12-04]. Dostupné z: <http://www.dps-az.cz/vyroba/id:2876/problematika-cisteni-dps>
- [5] SÍTKO, V., *Jak čisté je čisté (a jak čistého dosáhnout)*. In: DPS Elektronika od A do Z [online]. PBT Rožnov p. R., 2011 [cit. 2016-12-04]. Dostupné z: <http://www.dps-az.cz/vyroba/id:10035/jak-ciste-je-ciste-a-jak-cisteho-dosahnout>
- [6] IPC-TM-650 2.3.25. IPC, Association Connecting Electronics Industries, [online]. Bannockburn, 2012. [cit. 2016-12-05]. Dostupné z: https://www.ipc.org/TM/2-3_2-3-25d.pdf
- [7] JURÁK, K., NOVOTNÁ, M., ŠTASTNÁ, H., *Postupy zabezpečování jakosti neosazených a osazených desek s plošnými spoji v ČSSR a v zahraničí*. VÚMS Praha, 1988.
- [8] IPC-TM-650 2.6.3.7. IPC, Association Connecting Electronics Industries, [online]. Bannockburn, 2007. [cit. 2016-12-13]. Dostupné z: <http://www.ipc.org/TM/2-6-3-6.pdf>
- [9] DCT Czech s.r.o [online]. [cit. 2016-12-05]. Dostupné z: <http://www.dct.cleaning/cs/>
- [10] InJet 388 CRRD technický list. DCT Czech s.r.o. [online]. 2015 [cit. 2016-12-05]. Dostupné z: <http://www.dct.cleaning/soubory/produkty/INJET-388-CRRD-technicky-list-0709201514513016732.pdf>
- [11] Amica ZWM 628. In: Amica [online]. 2015 [cit. 2016-12-05]. Dostupné z: <http://data.amica.com.pl/files/pubs/instrukcje/cz/1100174.pdf>
- [12] Decotron 331S technický list. DCT Czech s.r.o. [online]. 2008 [cit. 2016-12-05]. Dostupné z: http://www.scanditron.com/sites/default/files/material/dct_decotron_331s.pdf
- [13] PROTON technický list. DCT Czech s.r.o. [online]. 2016 [cit. 2016-12-05]. Dostupné z: <http://www.dct.cleaning/soubory/produkty/PROTON-275-technicky-list-2009201613493286818.pdf>

SEZNAM ZKRATEK

DPS	Deska Plošných Spojů
SMD	Surface Mount Device, součástka pro povrchovou montáž
HAL	Hot Air Leveling, žárově nanášená vrstva pájky bezolovnaté ev. olovnaté
ENIG	Electroless Nickel Immersion Gold, chemické pokovení Ni a imerzní Au
OSP	Organic Surface Protectives, organické inhibitory oxidace mědi
THT	Through Hole Technology, zástrčná technologie montáže
MIL	MILitary standard, americké vojenské normy pro náročné aplikace
AOI	Automatic Optical Inspection, automatická optická inspekce
ESD	ElectroStatic Discharge, elektrostatický výboj

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: SMD pouzdro širší než delší (převzato [1])	9
Obr. 2: DPS před čištěním ultrazvukem (převzato z [4])	12
Obr. 3: DPS po čištění ultrazvuku (převzato z [4])	12
Obr. 4: Charakteristická křivka měření ionografu (převzato z [5])	18
Obr. 5: Schéma ionografu (převzato z [5])	18
Obr. 6: Typická křivka měření omegametry (převzato z [5])	19
Obr. 7: Schéma omegametry (převzato z [5])	19
Obr. 8: Speciální destička s hřebenem (převzato z [8])	20
Obr. 9: Snímek myčky InJet 388 CRRD (převzato z [10])	21
Obr. 10: Schématické znázornění myčky InJet 388 CRRD (převzato z [10])	22
Obr. 11: Zvolená pračka	23
Obr. 12: Nádrž na ofuk	24
Obr. 13: Rozmístění oplachovacích nádrží	24
Obr. 14: Sestava nádrží s popisky	25
Obr. 15: Znázornění vytvoření filtrace	27
Obr. 16: Schéma zapojení uzavřeného okruhu	28
Obr. 17: Fixace střední otočné trysky drátem	28
Obr. 18: Celá sestava	29
Obr. 19: Vypouštěcí ventil	30
Obr. 20: Připravená DPS pro testování	30
Obr. 21: Test DECOTRONU po 15 min. v lázni	31
Obr. 22: Test DECOTRONU po 30 min. v lázni	31
Obr. 23: Obrázek testovacích misek. Levá miska ohřata na teplotu 40 °C	31
Obr. 24: DPS před testem v PROTONU	32
Obr. 25: DPS po testu PROTONU	32
Obr. 26: Rozdíl omytých DPS při různých teplotách PROTONU	32
Obr. 27: Jednotlivé strany a hlavní rám	33
Obr. 28: Jednotlivé rámečky	34
Obr. 29: Hlavní rám s rámečkem a DPS	34
Obr. 30: Držák pro velké DPS s uchycenou DPS	35
Obr. 31: Ochranný kryt s detailem	35

Obr. 32: Grafické znázornění naměřených hodnot	37
Obr. 33: Ucpávka s otvory a bezvláknitou utěrkou	38
Obr. 34: Zleva: sáček aktivního uhlí, nasunutý kbelík, pohled shora.....	38
Obr. 35: Grafické zobrazení naměřených hodnot	39
Obr. 36: Uchycení čtyř DPS do držáku	40
Obr. 37: Proudění PROTONU v pračce s označením DPS	40
Obr. 38: Umístění DPS ve spodním koši myčky na nádobí	41
Obr. 39: Testování DPS zjednodušenou metodou ROSE.....	41
Obr. 40: Uchycení DPS v obou držácích.....	42
Obr. 41: Uspořádání DPS v myčce	43
Obr. 42: Proudění PROTONU	43
Obr. 43: Pět DPS po ofuku v rámečku.....	43
Obr. 44: Uložení pěti DPS v myčce.....	44
Obr. 45: Porovnání nevyčištěné DPS č. 2 s detailem po vyčištění	45
Obr. 46: Porovnání nevyčištěné DPS č. 7 s detailem po vyčištění	46
Obr. 47: Porovnání nevyčištěné DPS č. 13 s detailem po vyčištění	46
Obr. 48: Rozmístění celé sestavy.....	47

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Změřená data vodivosti oplachové kapaliny finálního oplachu	37
Tab. 2: Naměřené hodnoty druhého testu účinnosti iontoměníčů	39
Tab. 3: Naměřené a vypočtené hodnoty prvního měření.....	42
Tab. 4: Naměřené a vypočtené hodnoty druhého měření	44
Tab. 5: Přehled jednotlivých operací	48